

**Dr. Ing. Luca Soru**

Terralba (OR), via Dante n. 89  
SROLCU74R03L122A  
P.IVA 01074750959

# STUDIO dell'Emissione e Dispersione di inquinanti in Atmosfera

relativo ampliamento per sopraelevazione della discarica in esercizio per rifiuti speciali non pericolosi, ubicata in località "Coronas Bentonas" nel comune di Bolotana (NU).

Rev. Febbraio 2025

1.	INTRODUZIONE .....	1
2.	PREMESSA .....	1
3.	L'AMIANTO.....	3
3.1	Generalità .....	3
3.2	Unità di misura e riferimenti normativi .....	4
4.	L'ODORE .....	6
4.1	Generalità .....	6
4.2	Unità di misura e soglie olfattive .....	6
4.3	La propagazione di odori: aspetti generali e criteri di valutazione.....	9
5.	POLVERI .....	12
6.	METANO.....	12
7.	I MODELLI DI CALCOLO.....	13
7.1	I modelli matematici di dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi: aspetti generali....	13
7.2	Criteri di scelta del codice di calcolo.....	16
8.	RIFERIMENTI NORMATIVI E VALORI GUIDA.....	17
8.1	Amianto.....	17
8.2	Odori .....	18
8.3	Metano.....	20
8.4	Polveri .....	20
8.4	Monossido di Carbonio (CO) .....	21
8.4	Diossido di Azoto (NO <sub>2</sub> ).....	21
9	CARATTERIZZAZIONE DEL CONTESTO TERRITORIALE E DEL SITO .....	23
10.	ALTRE SORGENTI EMISSIVE SIGNIFICATIVE .....	27
11.	RICETTORI.....	28
Tab. 11/I:	Coordinate identificative dei ricettori .....	28
12.	SORGENTI E FATTORI DI EMISSIONE.....	30
12.1	Amianto.....	30
12.2	Odori .....	31
12.4	Metano.....	32
12.5	Polveri .....	33
12.5.1	Emissione di particolato da movimentazione dei rifiuti .....	34

---

5.2	Emissione di particolato da trasporto dei rifiuti su piste non asfaltate.....	34
12.5.3	Emissione particolato da risollevarimento eolico di polveri dalla superficie esposta dei rifiuti abbancati .....	35
12.5.4	Polvere sollevata dal trasporto dei materiali da costruzione su piste non asfaltate.....	35
12.5.5	Emissione particolato da costruzione nuovi argini .....	36
12.5.6	Emissione di particolato complessive .....	37
12.6	Monossido di Carbonio (CO) .....	37
12.7	Diossido di Azoto (NO <sub>2</sub> ).....	37
13.	SINTESI DEI DATI METEOCLIMATICI .....	38
14.	AREA DI STUDIO ED ALTRI PARAMETRI DI CALCOLO .....	40
15.	QUADRO RIASSUNTIVO DELLE EMISSIONI.....	41
16.	ANALISI DEI RISULTATI .....	42
16.1	Polveri PM <sub>2,5</sub> .....	42
16.2	Polveri PM <sub>10</sub> .....	42
16.3	Metano (CH <sub>4</sub> ) .....	43
16.4	Amianto.....	44
16.5	Odore .....	44
17.	CONCLUSIONI.....	45
	APPENDICE: Risultati delle simulazioni .....	46
	APPENDICE: Rapporti Meteo.....	61

## 1. INTRODUZIONE

Il presente documento viene redatto quale elaborato costituente parte integrante della documentazione tecnica prodotta a corredo dell'istanza di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) relativa al progetto proposto dalla Società BARBAGIA AMBIENTE s.r.l., con sede legale in Nuoro, via Convento n. 35, che ha per oggetto l'ampliamento per sopraelevazione della discarica in esercizio per rifiuti speciali non pericolosi, ubicata in località "Coronas Bentonas" nel comune di Bolotana (Nu)

Lo studio rappresenta una revisione complessiva delle valutazioni che sono state prodotte in precedenza con l'utilizzo di dati meteo aggiornati raccolti dalla centralina aziendale, con la finalità di analizzare e valutare l'impatto **dell'emissione di fibre di amianto, odori, Polveri (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>), Metano, CO e NO<sub>2</sub>**.

I dati meteo utilizzati sono relativi all'ultimo triennio disponibile (2020-22)

## 2. PREMESSA

Il complesso impiantistico in esame è essenzialmente costituito da una discarica per rifiuti speciali non pericolosi e dagli Impianti accessori, in quanto è previsto lo smantellamento del preesistente impianto di condizionamento fanghi.

In particolare, lo studio si articola nelle seguenti fasi:

- breve excursus sui diversi inquinanti: natura, unità di misura, propagazione, ecc.;
- richiami normativi;
- modelli di calcolo
- qualità attuale della componente aria;
- analisi delle attività lavorative svolte nell'impianto in esame e determinazione delle relative sorgenti e fattori di emissione;
- definizione degli scenari di calcolo e stima dei livelli di concentrazione indotti dalle lavorazioni;
- analisi dei risultati delle simulazioni) modellistiche.



**Figura 2/I: Ortofoto dell'area di progetto**

### 3. L'AMIANTO

#### 3.1 Generalità

L'amianto è una fibra minerale presente in natura e ampiamente utilizzata in Italia nel passato.

Materiale fibroso dalle caratteristiche molto interessanti per l'industria, l'amianto (o asbesto) veniva usato per realizzare migliaia di prodotti di uso industriale e civile. Le fibre di amianto sono resistenti alle temperature elevate, all'azione di agenti chimici e all'azione meccanica. E' flessibile al punto da poter essere filato ed è un ottimo fonoassorbente.

I minerali di amianto sono relativamente diffusi in natura e il loro basso costo, unito alle caratteristiche di cui sopra, ne ha favorito un'ampissima diffusione fin dall'antichità.

I minerali di amianto hanno la caratteristica di sfaldarsi e ridursi in fibre molto sottili che si disperdono in aria e possono essere inalate. Questo avviene anche se i materiali sono debolmente perturbati. Gli studi epidemiologici hanno confermato che l'amianto causa gravi patologie nei soggetti esposti all'inalazione delle fibre. Per questo motivo sono state introdotte limitazioni al suo uso che hanno determinato la messa al bando in Italia con la L. 257/1992.

I minerali interessati dalle limitazioni di cui sopra sono le varietà fibrose del:

- Crisotilo (tipo del Serpentino - amianto bianco - CAS 12001-29-5)
- Amosite (Anfibolo - amianto bruno - CAS 12172-73-5)
- Crocidolite (Anfibolo - amianto blu - CAS 12001-28-4)
- Tremolite (Anfibolo - CAS 14567-73-8)
- Antofillite (Anfibolo - CAS 77536-67-5)
- Actinolite (Anfibolo - CAS 12172-67-7).

Il crisotilo è la tipologia maggiormente utilizzata ma, in generale, sono le prime 3 tipologie quelle più diffuse e ancora utilizzate in diverse regioni del mondo.

L'amianto è un minerale fibroso piuttosto friabile e una delle sostanze più pericolose per la salute umana, causa di malattie all'apparato respiratorio; la sua pericolosità dipende dalla capacità dei materiali che lo contengono di rilasciare fibre potenzialmente respirabili: infatti quando queste sono disperse nell'aria per effetto di qualsiasi sollecitazione (manipolazione/lavorazione, vibrazioni, correnti, etc.) se vengono inalate, si concentrano nei bronchi, negli alveoli polmonari e nella pleura, provocando danni irreversibili.

Gli effetti nocivi sono dovuti all'instaurazione di meccanismi patogenetici di natura irritativa, degenerativa e cancerogena prevalentemente a carico dell'apparato respiratorio. I rischi per la salute sono rappresentati dalla possibilità di contrarre le seguenti patologie:

- asbestosi: processo degenerativo polmonare con formazione di cicatrici fibrose sempre più estese, che provocano ispessimento e indurimento del tessuto polmonare (fibrosi interstiziale progressiva), con conseguente riduzione dello scambio di ossigeno fra aria inspirata e sangue, che

determina nel tempo una grave insufficienza respiratoria; si manifesta per esposizioni medio-alte ad amianto e per tempi prolungati

- cancro (o carcinoma) polmonare: presenta una latenza di 15-20 anni dal momento dell'esposizione ed anche per questa patologia è stata riscontrata una stretta relazione con la quantità di asbesto inalata; il rischio è aggravato dall'abitudine al fumo di sigaretta
- mesotelioma pleurico-peritoneale: tumore maligno che interessa le membrane sierose di rivestimento dei polmoni (pleura) e degli organi addominali (peritoneo): è causato tipicamente da esposizione ad amianto e si manifesta anche dopo 25-40 anni dall'esposizione. Allo stato delle conoscenze scientifiche; non è possibile stabilire un livello di esposizione minimo a fibre di amianto al di sotto del quale non sussista il rischio di contrarre il mesotelioma, patologia dal decorso rapido e mortale
- altre neoplasie: l'esposizione ad amianto è associata anche a tumori del tratto gastro-intestinale e della laringe
- placche pleuriche: ispessimenti del tessuto connettivo della pleura polmonare, talora calcificati, che si verificano anche a basse dosi.

### 3.2 Unità di misura e riferimenti normativi

Nella normativa nazionale ed europea non esiste un valore limite per la qualità dell'aria per le fibre d'amianto valido per l'esposizione della popolazione. Valgono in compenso le norme legislative che si riportano di seguito e che si è cercato di coordinare per addivenire a una scelta della soglia di concentrazione di fibre in aria che fosse scientificamente giustificata e cautelativa nei confronti della popolazione.

Il DM Sanità 06/09/1994 "Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3 e art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto" definisce che concentrazioni di 20 fibre/litro determinate in MOCF (Microscopia Ottica in Contrasto di Fase) e 2 fibre/litro determinate in SEM (Microscopia Ottica in Scansione) siano da considerarsi indicazioni d'inquinamento in atto. Lo stesso decreto, in caso d'interventi di bonifica definisce uno stato di preallarme quando si osserva una netta tendenza all'aumento del numero di fibre aerodisperse; uno stato d'allarme per concentrazioni superiori a 50 fibre/litro. Il DM definisce anche i criteri per la restituibilità dei locali bonificati tra cui il numero di prelievi per superficie bonificata (2 prel./50 m<sup>2</sup>; 3/200 m<sup>2</sup>; più 1 prelievo ogni 200 m<sup>2</sup> aggiuntivi; per aree bonificate maggiori di 600 m<sup>2</sup> è possibile ridurre il numero dei prelievi così come è possibile che in presenza di particolari locali confinati sia necessario un prelievo ogni locale) e la concentrazione delle fibre che deve essere 2 fibre/litro determinate in SEM; di fatto questo criterio può essere interpretato come un limite di riferimento per la qualità dell'aria per la popolazione.

Per completezza è opportuno citare il D.Lgs 277/91, pur abrogato dal più recente D.Lgs. 81/2008, perché riporta la metodologia di analisi MOCF che notoriamente è meno sensibile della metodica SEM. Il D.Lgs. Governo n. 277 del 15/08/1991 "Attuazione delle direttive 80/1107/CEE, 82/605/CEE, 83/447/CEE, 86/188/CEE, 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad

agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art.7 della L. 30 luglio 1990, n.212" art. 24 comma 3 definisce che "se l'esposizione personale dei lavoratori alla polvere d'amianto, espressa come numero di fibre per centimetro cubo in rapporto ad un periodo di riferimento di otto ore supera 0.1 fibre cm-3 [determinato in MOCF], il datore di lavoro attua le disposizioni degli artt. 25, 28, 30 e 35". Il D.Lgs. Governo n. 81 del 09/04/2008 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" art. 284 comma 1 definisce che "Il valore limite di esposizione per l'amianto è fissato a 0,1 fibre per centimetro cubo di aria, misurato come media ponderata nel tempo di riferimento di otto ore. I datori di lavoro provvedono affinché nessun lavoratore sia esposto a una concentrazione di amianto nell'aria superiore al valore limite". Il documento dell'Organizzazione Mondiale della Sanità "Air quality Guideline for Europe" al capitolo 6.2 relativo all'amianto riporta i valori di seguito descritti. Nelle aree urbane i livelli di inquinamento da fibre aerodisperse indicati variano da meno di 0,1 a circa 1 fibra per litro; nelle vicinanze di sorgenti di emissione l'OMS riporta in modo esemplificativo i seguenti valori:

- sottovento a impianti per la produzione del cemento-amianto da 0,6 ad oltre 2 fibre a litro a seconda della distanza (misure effettuate entro un raggio di 1 km dall'impianto);
- in corrispondenza di un incrocio stradale con pesante traffico autoveicolare 0,9 fibre al litro.

Può essere significativo confrontare questi valori con quelli osservati in alcune situazioni italiane particolarmente significative.

Nella città di Casale Monferrato, sede per quasi 80 anni di una importantissima attività di lavorazione dell'amianto, nel periodo da marzo 1990 ad aprile 1991, in corrispondenza di 25 stazioni di campionamento situate nella zona urbana di Casale e nelle limitrofe aree rurali sono stati misurati i livelli di inquinamento da fibre di amianto aerodisperse. Il numero dei campionamenti effettuati in ogni stazione è variato da 2 a 15 (nell'area urbana i campionamenti sono stati più frequenti che nelle zone rurali); i valori medi della concentrazione di fibre di amianto calcolati per ogni stazione sono risultati compresi fra 0,2 fibre al litro (per le stazioni rurali) e 0,9 fibre al litro (per le stazioni nel centro urbano).

Dai dati riportati appare evidente come valori di 1 fibra di amianto per litro possa ritenersi un valore ampiamente cautelativo e che valori dell'ordine di 0.1 fibre di amianto per litro debbano ritenersi come concentrazione di fondo. Infine occorre ricordare che la determinazione in MOCF tenda a sovrastimare di un ordine di grandezza la reale concentrazione in aria di fibre di amianto, determinate quindi con il SEM.

In ultimo, le "Linee guida generali da adottare durante le attività di bonifica da amianto nei siti da bonificare di interesse nazionale" pubblicate da ISPESL nel 2010, riportano la seguente indicazione: "Per gli ambienti di vita outdoor, non essendovi una normativa specifica di settore, si ritiene opportuno considerare come valore limite di riferimento il valore di 1 f/l in ambiente cittadino indicato per l'amianto dall'OMS (Air Quality Guidelines, 2000), al di sopra del quale segnalare l'allarme e procedere secondo le modalità previste dal D.M. 6/9/94".

Nel presente Studio, è stato quindi assunto il valore fortemente cautelativo di Valore guida di qualità dell'aria di 1 fibra/litro, ovvero 1.000 f/m<sup>3</sup>.



## 4. L'ODORE

### 4.1 Generalità

L'odore è un'emanazione trasmessa dall'aria, percepita dall'apparato olfattivo dell'uomo e degli animali in generale. L'odore è quindi la proprietà di una sostanza, o meglio, di una miscela di sostanze, dipendente dalla loro concentrazione, capace di attivare il senso dell'olfatto e tale da innescare la sensazione di odore (Brennan, 1993; Belgiorio et al., 2009).

L'odore è stato riconosciuto un inquinante a tutti gli effetti in tempi molto recenti: in tutto il mondo sono state emanate ben poche leggi che fissino i limiti di emissione dell'odore dalle sorgenti industriali e che definiscano dei criteri di qualità dell'aria attinenti l'odore. Esso è un inquinante che può deteriorare la qualità della vita e influire negativamente sulle attività economiche (ad esempio intaccando il valore degli immobili o i profitti del turismo) ma in generale non danneggia la salute umana secondo il significato comune che si assegna a questa parola. Solo negli ultimi anni l'olfattometria, ovvero la tecnica sensoriale di misura della concentrazione di odore, è stata sottoposta a standardizzazioni nazionali e internazionali; senza tali standard l'odore era una sensazione soggettiva, sulla quale nessuna normativa poteva essere fondata. Con il termine "inquinamento olfattivo" si indica l'impatto negativo degli odori molesti sull'ambiente circostante e la popolazione esposta. Infatti, sebbene solo raramente a tali emissioni risulti associato un reale pericolo per la salute umana, l'esposizione prolungata a cattivi odori può essere causa di malessere e di varie forme di attività riflesse e disagio psicologico. Per questo si tenta un approccio agli odori come ai comuni contaminanti atmosferici, anche se con tutte le difficoltà dovute alla loro particolare natura. La maggior parte delle emissioni maleodoranti hanno composizione chimica complessa, essendo costituite da molti composti diversi a concentrazioni dell'ordine del  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  o inferiori, dalla cui combinazione ed interazione nasce la sensazione complessiva di odore ("odorante" = sostanza o miscela di sostanze responsabile della emanazione di un odore, "odore" = sensazione che l'odorante genera quando viene rilevata ed interpretata dal sistema olfattivo).

### 4.2 Unità di misura e soglie olfattive

La concentrazione di una miscela gassosa analizzata con tecniche analitiche è espressa in massa/volume ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) o moli/volume o ppm e, non potendo essere determinata con riferimento all'intera miscela, è relativa alla quantificazione numerica delle singole sostanze che la compongono. Con l'applicazione della tecnica sensoriale dell'olfattometria dinamica, la concentrazione di odore viene espressa in Unità Odorimetriche su metro cubo ( $\text{OU}/\text{m}^3$ ).

In particolare, secondo la norma tecnica UNI EN 13725, si definisce unità odorimetrica europea ( $\text{OUE}$ ) la quantità di odorante/i che, quando evaporata in  $1 \text{ m}^3$  di gas neutro in condizioni normali, provoca una risposta fisiologica (soglia di rivelazione) da un gruppo di prova equivalente a quella provocata da una massa di odore di riferimento europeo (EROM), evaporata in  $1 \text{ m}^3$  di gas neutro in condizioni normali. Un EROM, evaporato in  $1 \text{ m}^3$  di gas neutro in condizioni normali, è la massa di sostanza che

provoca la risposta fisiologica D50 (soglia di rivelazione), valutata da un gruppo di prova di esperti di odore in conformità alla stessa norma e che ha, per definizione, una concentrazione di  $1 \text{ OU}_E/\text{m}^3$ . Per l'*n-butanolo* (N° CAS 71-36-3) un EROM è 123  $\mu\text{g}$  evaporato in  $1 \text{ m}^3$  di gas neutro, in condizioni normali, che produce una concentrazione di  $0,040 \mu\text{mol/mol}$  (che equivale ad una frazione in volume di 40 parti per miliardo).

Esiste una relazione tra l' $\text{OU}_E$  per l'odorante di riferimento e quello per ogni miscela di odoranti. Tale relazione è definita solo a livello della risposta fisiologica D50 (soglia di rivelazione), dove:

$1 \text{ EROM} \equiv 123 \mu\text{g } n\text{-butanolo} \equiv 1 \text{ OU}_E$  per la miscela di odoranti.

Tale collegamento costituisce la base della rintracciabilità delle unità di odore di ogni odorante a quella dell'odorante di riferimento. Esso esprime a tutti gli effetti le concentrazioni di odore in termini di "equivalenti in massa dell'*n-butanolo*".

La concentrazione di odore può essere valutata solo a una concentrazione presentata di  $1 \text{ OU}_E/\text{m}^3$ . Come di conseguenza, la concentrazione di odore è espressa come multiplo di un  $\text{OU}_E$  in  $1 \text{ m}^3$  di gas neutro. La concentrazione di odore, in  $\text{OU}_E/\text{m}^3$ , si può utilizzare nello stesso modo delle concentrazioni in massa ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) (UNI EN 13725, 2003).

Purtroppo, fino ad oggi, non è stato possibile trovare una precisa correlazione fra le sensazioni odorose e la struttura chimica delle molecole che la causano. Si può invece cercare di descrivere un odorante in maniera più accurata attraverso 5 parametri:

- Concentrazione e soglia olfattiva di percezione;
- Intensità;
- Diffusibilità (volatilità);
- Qualità;
- Tono edonico.

La percettibilità, o soglia olfattiva, rappresenta quella concentrazione minima raggiunta in atmosfera da una sostanza odorigena che le consente di provocare uno stimolo nel sistema recettivo di un essere umano. Si possono distinguere tre tipologie (Brattoli e De Gennaro, 2008):

- Soglia di percettibilità (Odour Threshold - OT): rappresenta la concentrazione per la quale il 50% delle persone rileva un odore
- Soglia di riconoscimento: rappresenta la concentrazione alla quale non solo si riesce a rilevare la presenza di un odore, ma anche a distinguerlo qualitativamente;
- Soglia di contestazione: rappresenta la concentrazione alla quale un odore inizia a provocare una sensazione di fastidio.

In letteratura sono state determinate sperimentalmente le concentrazioni corrispondenti alle soglie olfattive di molti composti. Questi valori sono utilizzabili solo quando si riferiscono a sostanze pure. In presenza di miscele invece, si possono verificare effetti di indipendenza, additività, sinergia e antagonismo (Centola et al., 2004; Belgiorio et al., 2009).

La reazione degli individui agli odori dipende essenzialmente dai fattori FIDOL (Nicell, 2009).

<b>Frequenza</b>	indica quanto spesso un individuo è esposto all'odore
<b>Intensità</b>	indica la forza della percezione dell'odore
<b>Durata</b>	indica la durata dell'evento odoroso
<b>Offensività</b>	indica la natura dell'odore in riferimento al suo tono edonico
<b>Localizzazione</b>	indica l'uso del suolo e la natura delle attività umana in prossimità della sorgente

**Tabella 4/I: Fattori FIDOL**

Differenti combinazioni di questi fattori avranno come risultato effetti diversi; per esempio, odori molto intensi percepiti per un periodo breve possono avere effetti immediati sulla salute, mentre odori poco intensi percepiti per un periodo lungo possono influire sulla qualità della vita nell'area interessata. Il grado di sensibilità in una determinata zona è basato sulle caratteristiche di uso del suolo, inclusa la ragione che porta gli individui ad occupare una porzione del territorio. Ogni luogo è caratterizzato da un differente grado di sensibilità che può essere alta, moderata o bassa. Gli odori sgradevoli non hanno quasi mai effetti tossici o nocivi per i livelli di concentrazione molto bassi. Essi costituiscono quindi più un fattore di stress (disturbo, molestia) che un vero e proprio fattore di rischio per la salute umana. Tuttavia, la presenza di una sgradevole sensazione odorosa può scatenare una serie di attività riflesse di intensità variabile e soggettive, che si ripercuotono a vari livelli dell'organismo, con conseguenze su equilibrio psico-fisico e comportamento dell'individuo. Tali manifestazioni includono disturbi come ipersalivazione, nausea, vomito, cefalea, collasso e risposte a vari livelli del sistema nervoso, soprattutto di tipo emozionale (Fuoco, 2005).

È stato compilato (Sironi et al., 2003) un elenco, non esaustivo, delle tipologie industriali e delle relative fasi osmogenicamente critiche presenti negli impianti suscettibili di dar luogo a molestie olfattive. Da questo elenco si desumono le concentrazioni massime di odore di alcuni impianti di interesse, tra cui:

- Impianto di trattamento di reflui industriali: 105 OU/ m<sup>3</sup>
- Discarica rifiuti: 102 - 105 OU/ m<sup>3</sup>.

In assenza di specifiche disposizioni normative di livello statale o regionale circa la caratterizzazione, stima e limiti delle emissioni odorigene, ai fini delle analisi ambientali, il presente studio ha fatto riferimento ai criteri ed alle indicazioni contenute nelle Linee guida sulla materia emanate dalla Regione Lombardia.

La simulazione sulla dispersione dei composti odorigeni è stata condotta con riferimento a fattori di emissione determinati a partire da dati di letteratura, avuto riguardo delle condizioni operative specifiche.

Trattandosi di uno studio predittivo su un impianto di futura realizzazione, in assenza di dati e misurazioni olfattometriche specifici per impianti analoghi e, tenuto conto altresì, di alcune indispensabili

semplificazioni del problema, il presente studio deve essere inteso come una stima previsionale delle emissioni odorigene, funzionale a valutarne, in ogni caso, l'ordine di grandezza e la distribuzione spaziale.

#### **4.3 La propagazione di odori: aspetti generali e criteri di valutazione**

Il problema della valutazione dell'impatto olfattivo originato da impianti industriali di varia natura è un tema particolarmente sentito dalla collettività ed è causa spesso di contenziosi mossi da popolazioni residenti contro la presenza nel territorio di installazioni produttive, esistenti o future. Benché le emissioni odorigene sgradevoli non siano necessariamente associabili a rischi di tipo tossicologico, permane il problema della bassa accettabilità sociale della molestia olfattiva, che può inficiare la qualità della vita delle popolazioni interessate.

L'emissione di composti volatili maleodoranti è intrinseca a una molteplicità di processi industriali; solo a titolo di esempio, possono essere fonte di molestia olfattiva impianti di trattamento, smaltimento e/o recupero rifiuti, allevamenti zootecnici, impianti di trattamento acque reflue, di lavorazione di scarti di origine animale e vegetale, di verniciatura, di produzione mangimi, ecc.

L'accresciuta sensibilità delle popolazioni e la ricorrenza delle accennate problematiche di accettabilità sociale di alcune categorie di impianti industriali non può che indurre il legislatore a una più razionale politica di controllo degli odori e alla fissazione di rigorosi indici di qualità dell'aria; in tale direzione è imprescindibile la disponibilità di sistemi di misura orientati all'individuazione degli analiti di tipo odorigeno, che forniscano una misura il più possibile oggettiva della tipologia e della concentrazione di odore emesso da una data sorgente. Si tratta, in ogni caso, di un obiettivo complesso, in quanto è nota la non linearità della relazione esistente tra concentrazione di miscele odorose e risposta sensoriale alle stesse e l'eterogeneità, in termini di proprietà chimico-fisiche degli analiti coinvolti.

Un odore è l'attributo organolettico percepibile dall'organo sensoriale olfattivo sotto l'azione di determinate sostanze volatili. Il termine "odore" si riferisce, pertanto, alla proprietà delle sostanze odorigene che le rendono percepibili al senso dell'olfatto. L'odore è una percezione di quella sensazione e ogni soggetto interpreta l'impulso secondo un proprio significato.

Le sostanze odorigene possono riferirsi ad un singolo composto o, più frequentemente, ad una eterogenea miscela di composti. Tali caratteristiche ne rendono estremamente complessa l'analisi o la misura.

Generalmente gli odori sono captati a concentrazioni dei composti odorigeni in aria estremamente basse. L'apparato olfattivo umano è alquanto sensibile ed è in grado di avvertire la presenza delle sostanze a concentrazioni in aria di alcune parti per miliardo, o anche inferiori. Minimi cambiamenti nella composizione chimica delle miscele odorigene possono alterare sensibilmente le caratteristiche dell'emissione odorigena. Per questa ragione raramente sono impiegate tecniche di tipo chimico-analitico per descrivere la natura di un odore.

Nel momento in cui un odore molesto è percepito diventa essenziale descriverne le caratteristiche; a tal fine sono normalmente in uso criteri qualitativi e descrittivi riportati in **tabella 4/II**.

Rilevazione (soglia di percezione)	Concentrazione di un odore alla soglia di percezione
Riconoscimento	Capacità umana di distinguere l'origine (p.e. vino o aceto)
Intensità	Intensità percepita a differenti concentrazioni (p.e. debole, distinta, forte)
Tono edonico	Piacevole o offensivo
Qualità o carattere	Associazione e complessità, ossia quante sfumature di odore sono percepibili (fiori, caffè, rifiuti, reflui, ecc.)

**Tabella 4/II: Proprietà sensoriali degli odori**

La concentrazione alla quale un odore è appena percettibile ad un "tipico" organo sensoriale olfattivo umano è indicata come "concentrazione soglia". Questo concetto è alla base dell'olfattometria in cui una misura sensoriale quantitativa è impiegata per definire la concentrazione di un odore. A livello europeo sono stati definiti metodi standardizzati per la misurazione e attribuzione della rilevabilità di un campione di "odore" (BSEN 13725:2003).

La concentrazione alla quale un odore "standard" (n-butanolo) è appena rilevabile da un gruppo di soggetti selezionati (panel) è definita come "soglia di percettibilità" ed assunta pari a 1 Unità odorimetrica europea per metro cubo d'aria ( $1 O_{UE}/m^3$ ). Un'unità odorimetrica è dunque definita come la quantità di odorante che, dispersa in 1 metro cubo di aria, origina una concentrazione di odorante pari alla soglia olfattiva.

Alla soglia di percettibilità la concentrazione di un odore è così bassa che lo stesso non è assolutamente riconoscibile in modo specifico ma, in ogni caso, può essere percepito quando il campione sottoposto al valutatore è messo a confronto con un campione di aria "pulita".

La soglia di odore (o di percezione) è definita come la concentrazione minima percepibile dal 50% delle persone selezionate per l'analisi olfattiva che si suppone essere rappresentative della popolazione.

La concentrazione di odore di un campione, misurata in unità odorimetriche al metro cubo ( $O_{UE}/m^3$ ), in pratica viene valutata diluendo inizialmente il campione con aria esente da odore (aria "neutra"), quindi sottoponendolo a progressive concentrazioni secondo rapporti noti campione/aria neutra: il rapporto di diluizione per cui si raggiunge la soglia di odore rappresenta la concentrazione di odore del campione.

Ad esempio, se il rapporto di diluizione per cui un campione raggiunge la soglia di odore è pari a 1:1.000, cioè il 50% dei panelist percepisce l'odore del campione quando questo è diluito in aria neutra 1.000 volte, allora la concentrazione di odore associata a quel campione sarà di  $1.000 O_{UE}/m^3$ .

Lo strumento utilizzato per la determinazione della concentrazione di odore è l'olfattometro, che consente la diluizione del campione secondo rapporti noti, la presentazione del campione ai panelist e la registrazione delle risposte.

La Norma EN 13725:2003, recepita in Italia come UNI EN 13725:2004, *Qualità dell'aria - Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica*, definisce e standardizza le procedure ed il metodo di analisi, rendendo la misura olfattometrica un metodo affidabile e consolidato.

Un odore alla concentrazione di  $1 \text{ O}_{\text{UE}}/\text{m}^3$  è in realtà così debole che, normalmente, non può essere rilevato al di fuori dell'ambiente controllato di un laboratorio dalla maggior parte della popolazione.

Allorquando l'odore diventi più concentrato, lo stesso diventa progressivamente più percettibile. Le linee guida dell'Agenzia per l'Ambiente del Regno Unito propongono le seguenti soglie di riferimento, determinate in laboratorio, per la classificazione e valutazione dell'esposizione ad odori:

- $1 \text{ O}_{\text{UE}}/\text{m}^3$  soglia di rilevazione
- $5 \text{ O}_{\text{UE}}/\text{m}^3$  odore debole
- $10 \text{ O}_{\text{UE}}/\text{m}^3$  odore chiaramente distinguibile.

Tuttavia appare importante evidenziare come negli ambienti di vita e di lavoro, indoor e outdoor, si riscontrino numerosi altri fattori che influenzano il senso di percezione di un odore:

- fenomeni di assuefazione o tolleranza in persone costantemente esposte ad un ampio range di emissioni odorigene e a differenti concentrazioni. I normali odori di background (traffico, vegetazione, agricoltura, ecc.) possono far registrare concentrazioni da 5 a  $60 \text{ O}_{\text{UE}}/\text{m}^3$  o superiori;
- la soglia di riconoscimento, ossia la concentrazione alla quale una persona è in grado di riconoscere e descrivere uno specifico odore, può essere indicativamente pari a circa 3 volte la soglia di percettibilità;
- un odore con caratteristiche di rapida fluttuazione della sua concentrazione può essere maggiormente avvertibile di un odore stazionario a concentrazione superiore.

Per la valutazione dell'entità di un'emissione odorigena, oltre al valore di concentrazione di odore, si fa riferimento anche a parametri che tengono conto del flusso emesso dalla sorgente.

Nel caso di sorgenti puntuali, si considera la portata di odore OER (*Odour Emission Rate*), calcolata come prodotto fra la concentrazione di odore e la portata di effluente gassoso emessa dal camino, ed espressa in  $\text{O}_{\text{UE}}/\text{s}$ .

Nel caso di sorgenti areali non dotate di flusso proprio per valutare l'entità dell'emissione odorigena si considera il flusso specifico di odore SOER (*Specific Odour Emission Rate*), espresso in  $\text{O}_{\text{UE}}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ , che rappresenta la concentrazione di odore emessa per unità di tempo e per unità di superficie da una sorgente areale lambita da una corrente d'aria. Il SOER, moltiplicato per la superficie totale della sorgente, permette di ottenere, in analogia con le sorgenti puntuali, la portata di odore OER, espressa in  $\text{O}_{\text{UE}}/\text{s}$ .

## 5. POLVERI

L'ampliamento previsto dal presente progetto consiste nella costruzione dei nuovi argini di sopraelevazione dell'attuale discarica per rifiuti speciali non pericolosi, contestualmente all'attività di coltivazione della stessa.

Nelle aree di lavoro, per le attività di coltivazione, si è considerata una distribuzione omogenea delle attività sulla superficie della discarica e quindi delle emissioni prodotte. Le sorgenti pertanto sono state considerate come "areali".

Altrettanto areali, limitatamente alla superficie dell'area di cantiere, sono state considerate le sorgenti emissive dovute all'attività di costruzione dei nuovi argini.

A queste si aggiungono le sorgenti costituite dalle attività di trasporto dei rifiuti e dei materiali da costruzione, dall'allacciamento alla viabilità ordinaria all'area di discarica.

Per ciascuna sorgente (fase di lavoro, macchinario, ecc.) è stato definito il livello di emissione di particolato e la durata/articolazione nel tempo, al fine di stimare le opportune sovrapposizioni degli effetti generati da più sorgenti attive contemporaneamente.

Le sorgenti di particolato sono suddivisibili in cinque tipologie:

- polvere sollevata dal trasporto dei rifiuti: relativa all'autocarro utilizzato, alle distanze percorse e al numero dei viaggi previsti;
- polvere sollevata nella movimentazione e compattazione dei rifiuti: per il calcolo dei coefficienti di emissione sono state considerate le polveri sollevate dalle attività di movimentazione, carico e scarico dei rifiuti, nonché la loro granulometria;
- polvere risollevata dalla superficie esposta dei rifiuti abbancati;
- polvere sollevata dal trasporto dei materiali da costruzione: relativa all'autocarro utilizzato, alle distanze percorse e al numero dei viaggi previsti;
- polvere sollevata dalla costruzione dei nuovi argini: per il calcolo dei coefficienti di emissione sono state considerate le polveri sollevate dalle attività di movimentazione, carico e scarico dei materiali, nonché la loro granulometria.

## 6. METANO

Il metano è un gas serra, principale componente del biogas prodotto dalle discariche. I rifiuti interrati possono contenere una quota di materia organica residua, che dipende dall'origine e dalla natura del rifiuto e dallo smistamento a monte.

All'interno delle discariche, questa materia organica viene degradata dall'azione di diversi microrganismi, che proliferano negli ambienti umidi e privi di ossigeno. I più attivi sono i cosiddetti batteri "metanogeni", la cui respirazione anaerobica produce metano (CH<sub>4</sub>).

Il metano è un gas altamente infiammabile. È anche un potente gas a effetto serra, con un potenziale di riscaldamento molto più elevato rispetto all'anidride carbonica. Gli operatori dei siti di interrimento lo devono catturare per prevenire incendi ed esplosioni e per evitarne il rilascio nell'atmosfera. È anche un modo per ridurre gli odori sgradevoli e facilitare la rivegetazione del sito.

Nel caso in oggetto la cattura del biogas avviene con l'ausilio di un impianto di trattamento in fase di implementazione costituito da circa n. 20 micro-impianti di bio-ossidazione posti a distanza ravvicinata. Tali emissioni di metano possono essere considerate quindi di tipo areale con un valore di 0,001 Nm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h. (V. Barbagia Ambiente – Progetto impianto di trattamento biogas – Emendo s.r.l. -dicembre 2023)

## **7. I MODELLI DI CALCOLO**

### **7.1 I modelli matematici di dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi: aspetti generali**

I modelli di dispersione degli inquinanti atmosferici sono algoritmi matematici che simulano il comportamento dei contaminanti nell'atmosfera. Negli anni, anche a seguito della continua evoluzione delle conoscenze scientifiche sulle dinamiche del *Planetary Boundary Layer (PBL)*<sup>1</sup>, è stata sviluppata una vasta gamma di modelli di dispersione degli inquinanti aerodispersi che sono stati utilizzati in tutto il mondo per gestire le più disparate condizioni di calcolo.

Il ricorso all'impiego di modelli di calcolo è d'altronde ufficialmente riconosciuto dalla normativa nazionale sulla qualità dell'aria. Astrattamente la normativa prevede, infatti, che gli standard di qualità dell'aria non vengano superati in alcun punto del territorio. È palese, tuttavia, che laddove si ipotizzasse di affidare la ricognizione della qualità dell'aria esclusivamente alla misura diretta delle concentrazioni, il controllo della qualità dell'aria potrebbe essere effettuato solo in un numero finito di punti, coincidenti con le postazioni di misura delle varie reti di rilevamento presenti sul territorio nazionale. Tale numero, estremamente esiguo in rapporto alle dimensioni ed alle variegate caratteristiche fisiche e meteorologiche del territorio, non potrebbe consentire di ottenere un quadro sufficientemente rappresentativo ed esaustivo della distribuzione spazio-temporale della concentrazione dei vari inquinanti di interesse. In tal senso, per superare tali problematiche, il Legislatore ha introdotto la possibilità di affidarsi a modelli matematici di simulazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera.

Una sostanza (inquinante o meno), una volta immessa nell'atmosfera, per effetto dei numerosi fenomeni quali il trasporto dovuto all'azione del vento medio, la dispersione per effetto dei moti turbolenti dei bassi

---

<sup>1</sup> lo strato limite atmosferico, in inglese *Planetary Boundary Layer (PBL)*, rappresenta lo strato di atmosfera adiacente al suolo caratterizzato da un rimescolamento delle masse d'aria ad opera della spinta convettiva generata dal riscaldamento della superficie terrestre e dalla turbolenza meccanica dovuta all'attrito tra le masse d'aria in movimento e la superficie terrestre



strati dell'atmosfera, la deposizione ecc., si distribuisce nell'ambiente circostante, diluendosi in un volume di aria di dimensioni più o meno grandi in funzione delle particolari condizioni atmosferiche presenti. Ciò significa, in altri termini, che se una sostanza viene immessa nell'atmosfera in un determinato punto del territorio (sorgente) ad un dato istante e con determinate modalità di emissione, è possibile ritrovarla in altri punti del territorio, dopo un tempo più o meno lungo, con un differente valore di concentrazione in funzione della diluizione che ha subito lungo il suo percorso. Con tali premesse, la valutazione dei valori assunti dalla concentrazione in tutti i punti dello spazio ed in ogni istante o, in altri termini, la previsione dell'evoluzione nel tempo del campo di concentrazione  $C(x,y,z;t)$  di una determinata sostanza costituisce l'obiettivo dei modelli di simulazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera.

Per valutare con un adeguato grado di approssimazione tale campo di concentrazione è necessario prendere in considerazione e schematizzare un considerevole numero di fenomeni specifici che hanno luogo durante il trasporto della sostanza in atmosfera. Detti fenomeni, che si prestano ad essere modellizzati con maggiore o minore grado di difficoltà, sono di diversa natura:

- fisici (fusione, innalzamento del pennacchio, ecc.)
- chimico-atomici (reazioni chimiche di trasformazione, decadimento radioattivo, ecc.)
- fisico-chimici (deposizione, ecc.).

Con queste premesse si può intuire come le attività di ricerca e sviluppo in questo settore non siano state orientate verso la progettazione di un modello in grado di soddisfare congiuntamente le differenti esigenze di accuratezza e completezza, ma siano state bensì articolate in diversi filoni che hanno condotto allo sviluppo di altrettante classi e/o categorie di modelli. Tale circostanza rende opportuno, di frequente, un attento vaglio dei modelli suggeriti dalla letteratura, prima dell'adozione di uno di essi per soddisfare una specifica esigenza. Per agevolare questo compito sono stati condotti numerosi tentativi di rassegna ragionata e di razionale categorizzazione. Presupposto essenziale di tali attività è l'individuazione degli elementi caratteristici che sono alla base dei vari modelli, mediante i quali è possibile suddividere i modelli stessi in classi, categorie, tipologie, ecc.

Un primo elemento discriminante, per le finalità più sopra esposte, è l'approccio analitico di base impiegato, mediante il quale i modelli si possono suddividere in:

- modelli statistici;
- modelli deterministici.

Nonostante entrambi siano indicati col termine "modello", le differenze che li contraddistinguono sono estremamente significative. Per quanto riguarda i modelli statistici (o meglio: stocastici), essi non prevedono la concentrazione di inquinanti sulla base di relazioni fisiche di causa-effetto, ma sulla base dei dati misurati nel passato. Essi sono pertanto in grado di restituire il valore previsionale della concentrazione di inquinante nei soli punti in cui sia stata eseguita una misura. La loro possibilità di utilizzo è quindi circoscritta alla previsione dei valori che le stazioni della rete registreranno nel futuro; per contro, limitatamente a tale obiettivo, tali modelli forniscono in genere risultati più attendibili dei modelli deterministici. Da quanto precede si evince come gli stessi siano del tutto inadeguati a studiare i fenomeni in atto o a prevedere situazioni che non siano controllate da una rete strumentale di rilevamento.

Riguardo ai modelli deterministici, va rilevato che tale categoria è composta da un numero estremamente elevato di modelli differenti, tutti accomunati dall'assumere le condizioni meteorologiche come base per la costruzione delle relazioni di causa-effetto tra emissioni e campo di concentrazione nel dominio di calcolo.

Il primo elemento che consente di discriminare tra i vari modelli deterministici è il metodo con cui si descrive l'evoluzione nel tempo del fenomeno dell'inquinamento. Da questo punto di vista i modelli si distinguono in "stazionari" o "dinamici".

Nei primi, l'evoluzione temporale di un fenomeno di inquinamento è trattata come una sequenza di stati quasi-stazionari, aspetto che semplifica notevolmente il modello, a scapito però della generalità e applicabilità. I secondi, viceversa, trattano l'evoluzione del fenomeno in modo dinamico. Va rilevato che i modelli stazionari sono molto utilizzati per la loro semplicità e per l'economicità d'impiego ed in genere costituiscono un valido strumento per un'analisi di realtà non particolarmente complesse.

Un altro importante elemento di distinzione dei modelli è costituito dalla scala spaziale, ovvero dalla distanza dalla sorgente entro cui il modello è in grado di descrivere il fenomeno. In relazione a questo parametro si distinguono le seguenti classi di modelli:

- a scala locale (*short range*), modelli, cioè, che descrivono la dispersione degli inquinanti fino a distanze dell'ordine della decina di chilometri;
- a mesoscala, cioè modelli che trattano domini spaziali dell'ordine dei cento chilometri;
- grande distanza o sinottici (*long range*) che descrivono fenomeni che possono interessare aree molto vaste fino a migliaia di chilometri dalla sorgente.

I modelli possono essere distinti anche in funzione del loro livello di complessità o, in altri termini, del numero di fenomeni di cui tengono conto nel determinare il campo di concentrazione. Usualmente si fa riferimento alle seguenti tre tipologie:

- modelli complessi;
- modelli di media complessità;
- modelli semplici.

Sebbene la varietà degli elementi di distinzione dei diversi modelli deterministici sia ben più ampia di quella sin qui enunciata, si evidenzia comunque come questi siano quelli più comunemente adottati ai fini della scelta per lo specifico caso. Ulteriori criteri impiegati, allorquando sia richiesta una valutazione più approfondita, possono riferirsi:

- all'algoritmo matematico impiegato per valutare un determinato fenomeno (differenze finite, metodo Montecarlo, metodo gaussiano, ecc.);
- alla modalità di descrizione spaziale del fenomeno (Euleriano, Lagrangiano, bidimensionale, tridimensionale, ecc.);
- alla trattazione di aspetti di particolare importanza (orografia, chimica, fotochimica, ecc.)

I più comuni modelli di dispersione sono modelli a "plume" di tipo gaussiano, stazionari e rettilinei. Essi calcolano concentrazioni degli agenti contaminanti per ogni ora assumendo condizioni meteorologiche uniformi su tutto il dominio di modellazione. A causa delle semplificazioni introdotte da tali modelli, gli stessi non tengono conto di possibili traiettorie curve del "plume" o di possibili condizioni di vento variabili

che si verificano in situazioni di flusso complesse (p.e. abbastanza frequenti in prossimità della linea di costa). Inoltre, questi modelli hanno una limitata capacità di interpretare il fenomeno della dispersione in condizioni di bassa velocità del vento.

## 7.2 Criteri di scelta del codice di calcolo

Per le simulazioni sono stati utilizzati i software MAIND regolarmente licenziati, in particolare: il calcolo del modello è stato realizzato tramite Windimula 4.18.0.0, i dati orografici sono stati ricavati tramite il software Landuse e la post elaborazione è stata realizzata con l'utilizzo del software RunAnalyzer.

Il modello WinDimula è inserito nell'elenco dei modelli consigliati da APAT (Agenzia Italiana per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici) per la valutazione e gestione della qualità dell'aria (<http://www.smr.arpa.emr.it/ctn/>). WinDimula è un modello gaussiano multisorgente che consente di effettuare simulazioni in versione short\_term.

I modelli gaussiani si basano su una soluzione analitica esatta dell'equazione di trasporto e diffusione in atmosfera ricavata sotto particolari ipotesi semplificative. La forma della soluzione è di tipo gaussiano, ed è controllata da una serie di parametri che riguardano sia l'altezza effettiva del rilascio per sorgenti calde, calcolata come somma dell'altezza del camino più il sovrizzo termico dei fumi, che la dispersione laterale e verticale del pennacchio calcolata utilizzando formulazioni che variano al variare della stabilità atmosferica, descritta utilizzando le sei classi di stabilità introdotte da Pasquill-Turner.

Contrariamente agli altri principali modelli gaussiani (ad esempio il modello EPA ISC) WinDimula permette di valutare la diffusione in atmosfera dell'inquinante anche in presenza di situazioni di "calma di vento" integrando un opportuno modello (Modello di Cirillo Poli) per le calme di vento.

Il modello presenta notevoli miglioramenti rispetto alla classica versione DIMULA; i modelli di calcolo sono stati completamente rivisti nell'ambito del contratto AMB-AMM-COM-7760 stipulato tra MAIND ed ENEA Dipartimento Ambiente. Inoltre con il contratto ENEA/2006/3891 nel novembre 2006 è stato inserito nel modello il calcolo della deposizione secca e umida.

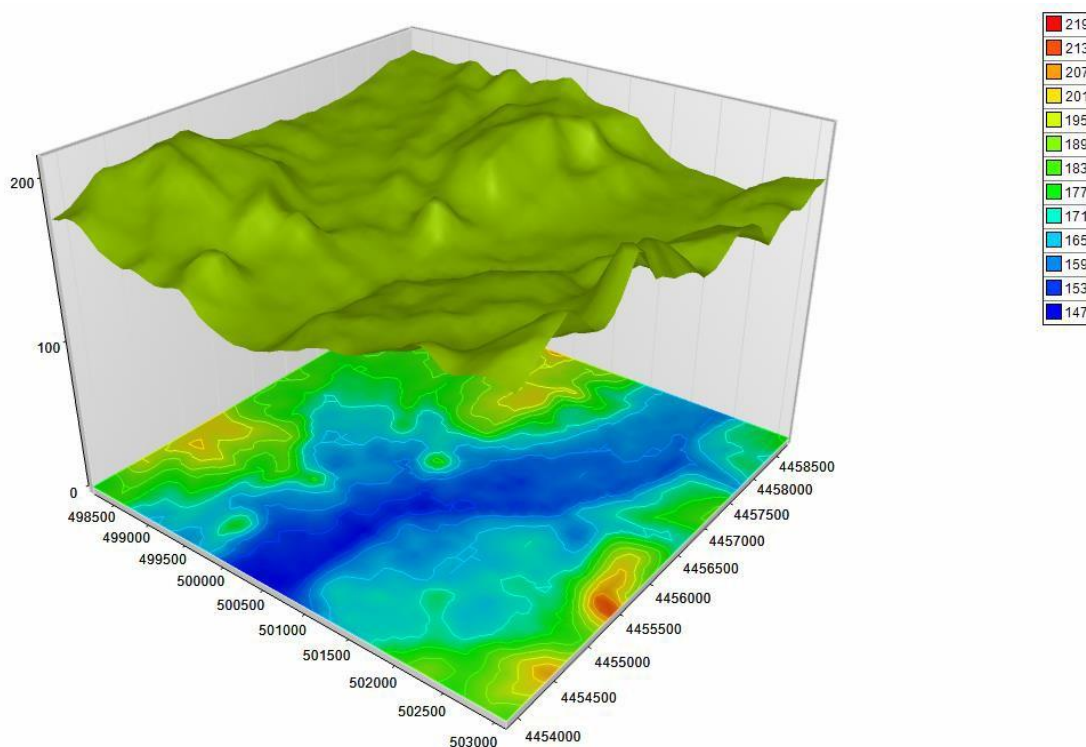
In particolare è stato utilizzato il codice *ISCST3 - Industrial Source Complex Short Term*, sviluppato dall'*Environmental Protection Agency (EPA)* degli Stati Uniti, del quale nel seguito sono illustrate le caratteristiche principali e le motivazioni che hanno portato all'adozione del suddetto modello.

Al fine di una maggiore accuratezza delle condizioni meteorologiche sono stati utilizzati i dati raccolti dalla centralina Meteo aziendale, integrati sulle classi di Pasquill definenti la stabilità atmosferica con i dati della stazione meteo ARPAS Macomer (NU034S128) forniti dal Servizio Meteorologico, Agrometeorologico ed Ecosistemi – Dipartimento Meteorologico – ARPAS per il periodo già considerato nelle precedenti valutazioni, in considerazione della stabilità dei dati e della limitata incidenza sui risultati.

Stanti le caratteristiche orografiche dell'area di studio, per poterne considerare gli effetti nei fenomeni dispersivi, le valutazioni modellistiche hanno richiesto la predisposizione, attraverso un software dedicato (*Maind LandUse*), di un modello digitale del terreno. L'ampiezza di tale modello è stata impostata in modo da considerare un'area significativa con riferimento ai fenomeni dispersivi in esame, alle caratteristiche

meteoclimatiche specifiche, ed alla presenza di centri abitati potenzialmente interessati dalle ricadute. In particolare, il modello ha coperto un'area di 1 km<sup>2</sup> intorno all'impianto con una maglia di 60x60 punti a distanza di 50 metri.

L'altimetria del sito varia tra 160-170 m slm e l'andamento altimetrico del contesto territoriale è rappresentato nella **figura 7/II**.



**Figura 7/II: Altimetria dell'area**

## 8. RIFERIMENTI NORMATIVI E VALORI GUIDA

### 8.1 Amianto

L'amianto, noto anche come asbesto, è un minerale naturale fibroso con una struttura cristallina unica. Le sue fibre sono estremamente sottili e resistenti, il che lo ha reso un materiale ampiamente utilizzato in passato in diversi settori, come l'edilizia, l'industria navale e quella automobilistica.

La pericolosità dell'amianto risiede nella sua capacità di rilasciare fibre sottili nell'aria durante la manipolazione o il deterioramento. Queste fibre, se inalate, possono penetrare profondamente nei polmoni, causando gravi danni alla salute.

Sono considerate malattie direttamente correlabili all'esposizione all'amianto:

- Asbestosi: Malattia cronica che provoca un'inflammatione e cicatrizzazione dei tessuti polmonari, causando difficoltà respiratorie.
- Mesotelioma: Tumore raro e aggressivo che colpisce il rivestimento dei polmoni, dell'addome o del cuore, spesso causato dall'esposizione all'amianto.
- Tumore del polmone: L'amianto è un fattore di rischio riconosciuto per il tumore del polmone, soprattutto in combinazione con il fumo di sigaretta.

Altre patologie: L'esposizione all'amianto è stata associata anche ad altre malattie, come il tumore della laringe, dello stomaco e del colon, nonché a malattie infiammatorie croniche.

## **8.2 Odori**

Per lungo tempo la legislazione italiana non disponeva di una normativa in materia di emissioni olfattive e gli studi sull'argomento prendevano come riferimento alcune normative di carattere regionale (es. Linee Guida Regione Lombardia).

Recentemente, con il Decreto Direttoriale del 28 giugno 2023, n. 309, il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica ha fornito gli indirizzi per l'applicazione dell'articolo 272-bis del D.Lgs. 152/2006 in materia di emissioni odorigene di impianti e attività. Il Decreto si applica *"in via diretta agli stabilimenti oggetto della parte quinta del Dlgs 152/2006 (soggetti ad autorizzazione unica ambientale - AUA, autorizzazione alle emissioni o regimi autorizzativi in deroga) e in via indiretta, come criterio di tutela da utilizzare nell'istruttoria autorizzativa, alle installazioni soggette ad autorizzazione integrata ambientale - AIA (l'articolo 29-bis prevede che le condizioni dell'AIA sono definite avendo a riferimento i Bref e le BAT Conclusioni di settore e l'articolo 29-sexies, comma 4ter, prevede che l'AIA può fissare valori di emissione più rigorosi di quelli associati alle BAT-AEL quando lo richiede la normativa vigente nel territorio in cui è localizzata l'installazione)"*.

Il Decreto è composto di 6 documenti, gli "Indirizzi" e 5 allegati:

- Allegato A.1 - Requisiti degli studi di impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione;
- Allegato A.2 - Campionamento olfattometrico;
- Allegato A.3 - Strategia di valutazione della percezione del disturbo olfattivo;
- Allegato A.4 - Caratterizzazione chimica delle emissioni odorigene;
- Allegato A.5 - IOMS (Instrumental Odour Monitoring System).

Relativamente al caso in questione, si rileva, in particolare, la definizione di limiti per l'accettabilità dell'impatto olfattivo (espressi come concentrazioni orarie di picco di odore al 98° percentile, calcolate su base annuale) che devono essere rispettati presso i ricettori sensibili sono fissati in funzione delle classi di

sensibilità dei ricettori definite sulla base della classificazione ISTAT delle località e delle Zone Territoriali Omogenee di cui al D.M. 2 aprile 1968, n. 1444, e s.m.i., come descritto nella seguente Tabella

<b>Classe di sensibilità del ricettore</b>	<b>Descrizione della classe di sensibilità del ricettore sensibile</b>	<b>Valore di accettabilità dell'impatto olfattivo presso il ricettore sensibile</b>
PRIMA	Aree, in centri abitati o nuclei, a prevalente destinazione d'uso residenziale classificate in zone territoriali omogenee A o B. Edifici, in centri abitati o nuclei, a destinazione d'uso collettivo continuativo e ad alta concentrazione di persone (es. ospedali, case di cura, ospizi, asili, scuole, università, per tutti i casi, anche se di tipologia privata), esclusi gli usi commerciale e terziario	1 ou <sub>E</sub> /m <sup>3</sup>
SECONDA	Aree, in centri abitati o nuclei, a prevalente destinazione d'uso residenziale, classificate in zone territoriali omogenee C (completamento e/o nuova edificazione) Edifici o spazi aperti, in centri abitati o nuclei, a destinazione d'uso collettivo continuativo commerciale, terziario o turistico (es. mercati stabili, centri commerciali, terziari e direzionali, per servizi, strutture ricettive, monumenti).	2 ou <sub>E</sub> /m <sup>3</sup>
TERZA	Edifici o spazi aperti, in centri abitati o nuclei, a destinazione d'uso collettivo non continuativo (es.: luoghi di pubblico spettacolo, luoghi destinati ad attività ricreative, sportive, culturali, religiose, luoghi destinati a fiere, mercatini o altri eventi periodici, cimiteri); case sparse; edifici in zone a prevalente destinazione residenziale non ricomprese nelle Zone Territoriali Omogenee A, B e C.	3 ou <sub>E</sub> /m <sup>3</sup>
QUARTA	Aree a prevalente destinazione d'uso industriale, artigianale, agricola, zootecnica.	4 ou <sub>E</sub> /m <sup>3</sup>
QUINTA	Aree con manufatti o strutture in cui non è prevista l'ordinaria presenza di gruppi di persone (es.: terreni agricoli, zone non abitate).	5 ou <sub>E</sub> /m <sup>3</sup>

**Tab. 8/I: Classi di sensibilità e valori di accettabilità presso il ricettore sensibile (DM28/03/2023 n. 309)**

Inoltre, a integrazione di quanto indicato al precedente capitolo 7 relativamente alle modalità di esecuzione delle modellizzazioni, si precisa quanto richiesto dall' Allegato A.1 *"Requisiti degli studi di impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione"* al DM 28/06/2023, ovvero:

- Tutti gli elementi notevoli dello studio di impatto odorigeno (sorgenti, ricettori, griglia di calcolo, edifici, ecc.) sono georeferenziati;
- Nello scenario emissivo da impiegare nelle simulazioni per la stima dell'impatto olfattivo vengono considerate tutte le sorgenti di emissione dell'impianto oggetto dello studio.
- Nella relazione vengono riportati tutti i dati caratterizzanti le sorgenti emissive forniti in input al

modello di simulazione (es. portata volumetrica, portata di odore, coordinate di georeferenziazione, quota altimetrica del suolo alla base della sorgente, area della superficie di emissione, ecc.)

- Per la scelta dei valori di concentrazione da inserire nel modello di simulazione dell'impatto olfattivo ci si è avvalsi di dati empirici riferiti ad impianti simili o di bibliografia tecnico-scientifica, cautelativamente maggiorati in modo da considerare il 'caso peggiore'.
- Si è tenuto conto delle variazioni temporali della portata di odore (ricoprimenti)
- I ricettori sensibili sono individuati all'interno dell'area definita dalla curva di isoconcentrazione dell'odore pari a 1 ouE/m<sup>3</sup>, corrispondente al 98° percentile delle concentrazioni di picco orario su base annuale e sono georeferenziati.
- Il dominio spaziale di simulazione è specificato e si estende in modo tale da comprendere almeno la curva di isoconcentrazione dell'odore pari a 1 ouE/m<sup>3</sup> corrispondente al 98° percentile delle concentrazioni di picco orario su base annuale, includendo altresì tutti i ricettori sensibili.
- La simulazione modellistica considera gli effetti dell'orografia, le cui caratteristiche vengono descritte in Relazione.
- Il modello di calcolo è in grado di trattare situazioni di calma di vento, è in grado di descrivere correttamente la dispersione nel caso di terreno complesso, utilizza classi di stabilità discrete per la caratterizzazione della turbolenza atmosferica (Pasquill);

### 8.3 Metano

Per le emissioni di metano non esistono limiti normativi (il D. lgs. 155/10 non prevede limiti per la qualità dell'aria) tuttavia tali emissioni sono gestite nell'ambito delle autorizzazioni integrate ambientali che ne prevedono la loro rendicontazione periodica e la possibile riduzione.

### 8.4 Polveri

In relazione all'inquinante di interesse, il riferimento normativo di preminente rilevanza è costituito dal D.Lgs. n.155 del 13.08.2010, nella tabella seguente sono indicati i limiti fissati dalla normativa per il particolato aerodisperso.

PM10	limite
1 giorno	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte per anno civile
Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>

PM 2.5	limite
Anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>

## 8.4 Monossido di Carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore e inodore prodotto dalla combustione incompleta delle sostanze contenenti carbonio. Il CO raggiunge facilmente gli alveoli polmonari e quindi il sangue dove compete con l'ossigeno per il legame con l'emoglobina. Gli effetti sanitari sono essenzialmente riconducibili ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare. Essi comprendono i seguenti sintomi: diminuzione della capacità di concentrazione, turbe della memoria, alterazioni del comportamento, confusione mentale, alterazione della pressione sanguigna, accelerazione del battito cardiaco, vasodilatazione e vasopermeabilità con conseguenti emorragie, effetti perinatali. Il Valore Limite per la protezione della salute umana, stabilito dal D.Lgs. 155/2010 è il seguente:

CO	limite
Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	5,0 µg/m <sup>3</sup>

La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore si determina con riferimento alle medie consecutive su 8 ore, calcolate sulla base di dati orari ed aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata è riferita al giorno nel quale la serie di 8 ore si conclude: la prima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

## 8.4 Diossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)

Il biossido (o diossido) di azoto (NO<sub>2</sub>) è un gas tossico con un odore pungente, di colore giallo-rosso, prodotto principalmente da processi di combustione ad alta temperatura. Le fonti principali includono il traffico veicolare, gli impianti di riscaldamento e alcune attività industriali. I principali effetti sulla salute sono:

- Irritazione delle vie respiratorie: L'NO<sub>2</sub> è un forte irritante per l'apparato respiratorio, causando tosse, difficoltà respiratorie, bronchiti e, in casi gravi, anche edema polmonare.
- Malattie respiratorie: L'esposizione prolungata può aumentare il rischio di sviluppare o peggiorare malattie croniche come l'asma e la broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO).
- Effetti cardiovascolari: L'NO<sub>2</sub> può contribuire all'aumento della pressione sanguigna e al rischio di malattie cardiovascolari.
- Mortalità: Studi scientifici hanno dimostrato una correlazione tra l'esposizione a livelli elevati di NO<sub>2</sub> e un aumento della mortalità, in particolare per cause respiratorie e cardiovascolari.



Oltre a questo il Biossido di Azoto è ritenuto corresponsabile di:

- Smog fotochimico: L' $\text{NO}_2$  contribuisce alla formazione dello smog fotochimico, un insieme di inquinanti che include l'ozono troposferico, altrettanto dannoso per la salute.
- Piogge acide: L' $\text{NO}_2$  si trasforma in acido nitrico, che contribuisce all'acidificazione delle piogge, con conseguenze negative per l'ambiente.

<b><math>\text{NO}_2</math></b>	<b>limite</b>
1 ora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte per anno civile
Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## 9 CARATTERIZZAZIONE DEL CONTESTO TERRITORIALE E DEL SITO

L'impianto in oggetto è ubicato nella località "Coronas Bentonas" del Comune di Bolotana, da cui dista, in linea d'aria, circa 8,5 km, ed a circa 3,5 km dall'abitato di Ottana, all'interno dell'area del Consorzio per lo Sviluppo Industriale della Sardegna Centrale, sul sedime di una cava dismessa.

I riferimenti cartografici sono rappresentati da:

- Cartografia I.G.M.: al Foglio n. 499 Sez. III "Ottana"
- Carta Tecnica Regionale (CTR). al Foglio 499090 "Nuraghe Passarinas"

Catastalmente l'area in proprietà del Proponente, entro cui ricade l'impianto di smaltimento e le aree pertinenziali, è censita al Foglio 67 particelle nn. 208, 209, 216, 226, 227, 229, 231, 235, 236 del comune di Bolotana. La discarica ricadono integralmente sul mappale n. 236.

La destinazione urbanistica del sito e delle aree adiacenti è "Zona D1 – Zona per insediamenti produttivi".

Il sito dell'impianto è ricompreso entro la perimetrazione del Consorzio Area Sviluppo Industriale Sardegna Centrale di Ottana e confina verso est con la bretella di penetrazione alla zona industriale dalla SP 17, mentre dagli altri lati confina con terreni della medesima proprietà.

L'impianto è posto ad una quota altimetrica di circa 170-173 m s.l.m. in un contesto circostante sub-pianeggiante.

Nell'intorno non sono presenti agglomerati residenziali o nuclei abitativi sparsi, ma solamente insediamenti produttivi e di servizio (depuratore).

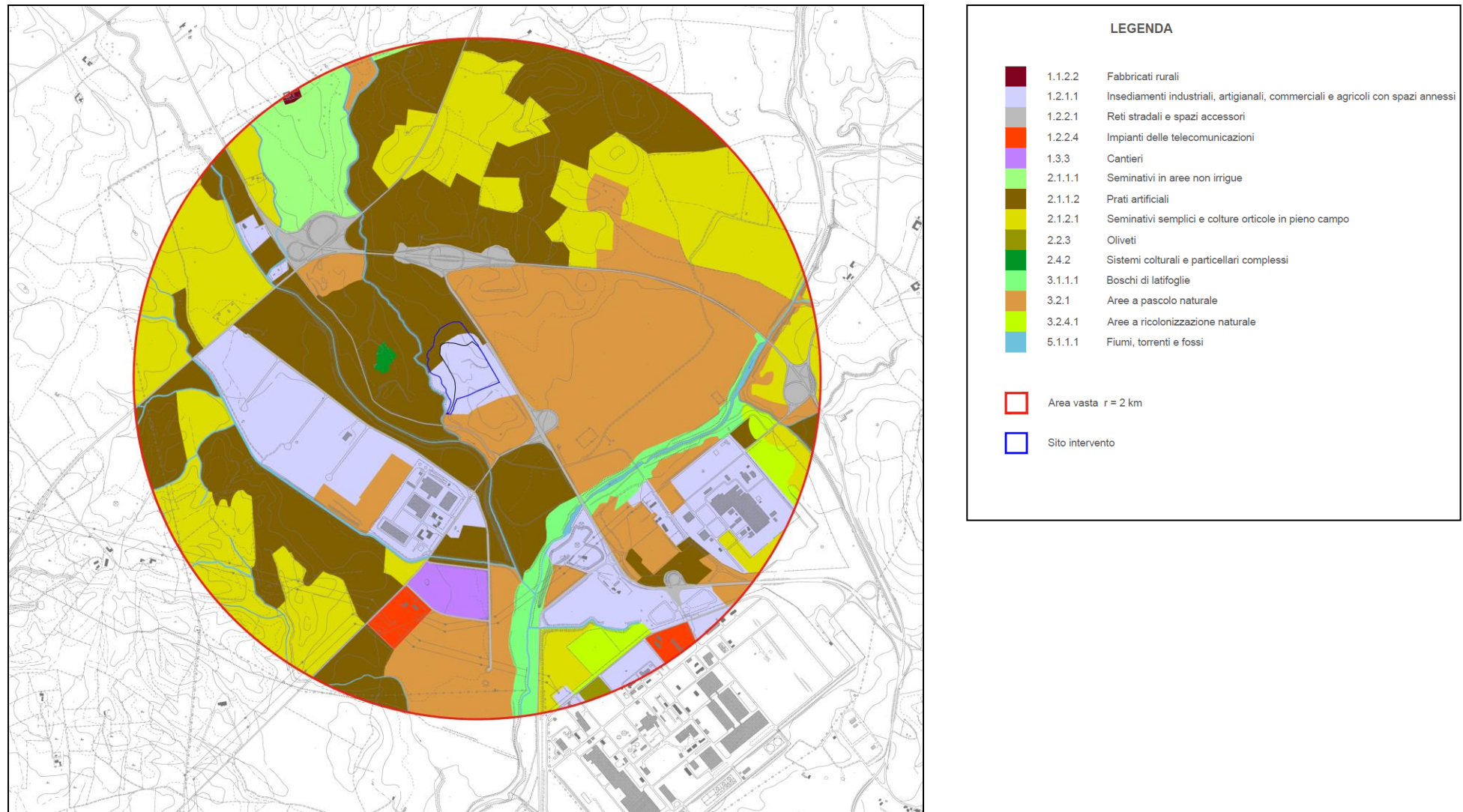
Il fiume Tirso dista dall'impianto, oltre m 900, mentre in prossimità dello stesso si snoda il Riu Carradore, corso d'acqua minore a regime torrentizio stagionale.

Il sito non ricade in aree in cui operano fattori escludenti previsti dal PRGRS.

Gli usi del suolo presenti nell'area vasta sono riassunti nella successiva **tabella 9/I** e **figura 9/I**.

<b>Codice</b>	<b>Classi di copertura</b>	<b>Area ha</b>	<b>% AV</b>
1.1.2.2.	Fabbricati rurali	0,55	0,04
1.2.1.1	Insediamenti industriali e artigianali.	172,00	13,74
1.2.2.1	Reti stradali e spazi accessori	127,00	10,12
1.2.2.4.	Impianti delle telecomunicazioni	10,71	0,85
1.3.3	Cantieri	11,49	0,92
2.1.1.1	Seminativi in aree non irrigue	39,29	3,13
2.1.1.2	Prati artificiali	271,00	21,58
2.1.2.1	Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	236,13	18,80
2.2.3.	Oliveti	1,45	0,12
2.4.2	Sistemi colturali e particellari complessi.	1,34	0,11
3.1.1.1.	Boschi di latifoglie	28,66	2,28
3.2.1	Aree a pascolo naturale	286,82	22,84
3.2.4.1	Aree a ricolonizzazione naturale	16,19	1,29
5.1.1.1.	Fiumi, torrenti e fossi	52,62	4,19

**Tabella 9/1 – tabella di sintesi degli usi del suolo**

**Figura 9/I: Carta degli usi del suolo**

Lo stato dei luoghi del contesto territoriale più prossimo al sito di intervento (**Fig. 9/II**) è caratterizzato dalla presenza diffusa di aree agricole ad uso estensivo, mentre verso sud sono presenti degli insediamenti industriali/artigianali, ed il depuratore consortile. L'impianto di discarica risulta prossimo al confine con una ZPS ed entro ad una IBA.



**Figura 9/II: Contesto territoriale prossimo del sito di intervento**

I centri più vicini si trovano alle seguenti distanze in linea d'aria (**Fig. 9/III**):

- Silanus: km 10,5
- Orotelli: km 10,0
- Bolotana: km 8,5
- Ottana: Km 3,5.



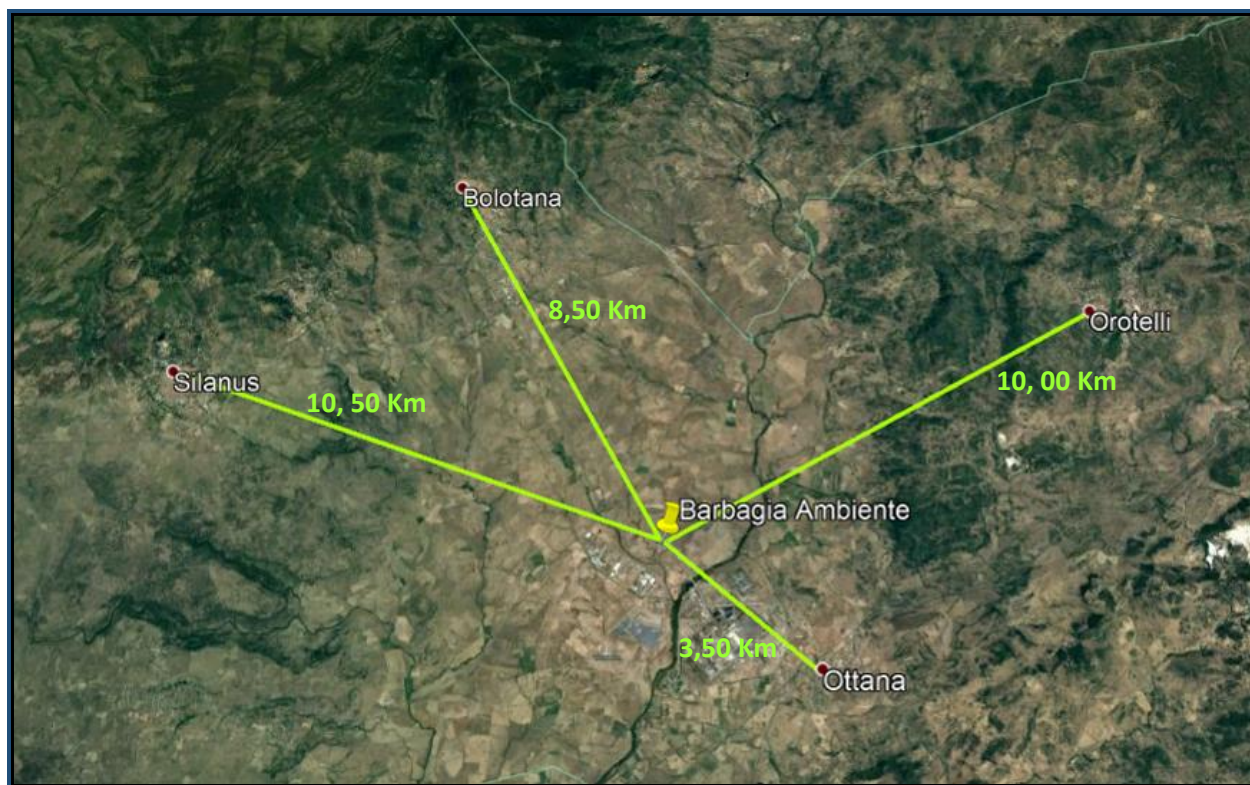


Figura 9/III: Distanza dai centri urbani più prossimi

## 10. ALTRE SORGENTI EMISSIVE SIGNIFICATIVE

Nell'ambito territoriale in cui è compreso il progetto proposto ed in cui è stimata la dispersione di eventuali emissioni in atmosfera non sono state individuate altre sorgenti emmissive, che possono interagire significativamente con le emissioni dell'impianto in esame, determinando impatti cumulativi sulla qualità dell'aria.

Da un censimento delle eventuali attività produttive presenti nell'area circostanti, entro il raggio di potenziale diffusione delle emissioni imputabili all'impianto in progetto, non si rilevano impianti produttivi che, per tipologia dei processi adottati, se correttamente gestite, possano generare emissioni tali da alterare significativamente la qualità dell'aria su scala territoriale. La sola eccezione risultano essere le naturali dispersioni di polveri dalle terre riarse nell'intorno dell'impianto, tuttavia non si ritengono tali impatti significativi per la presente analisi.

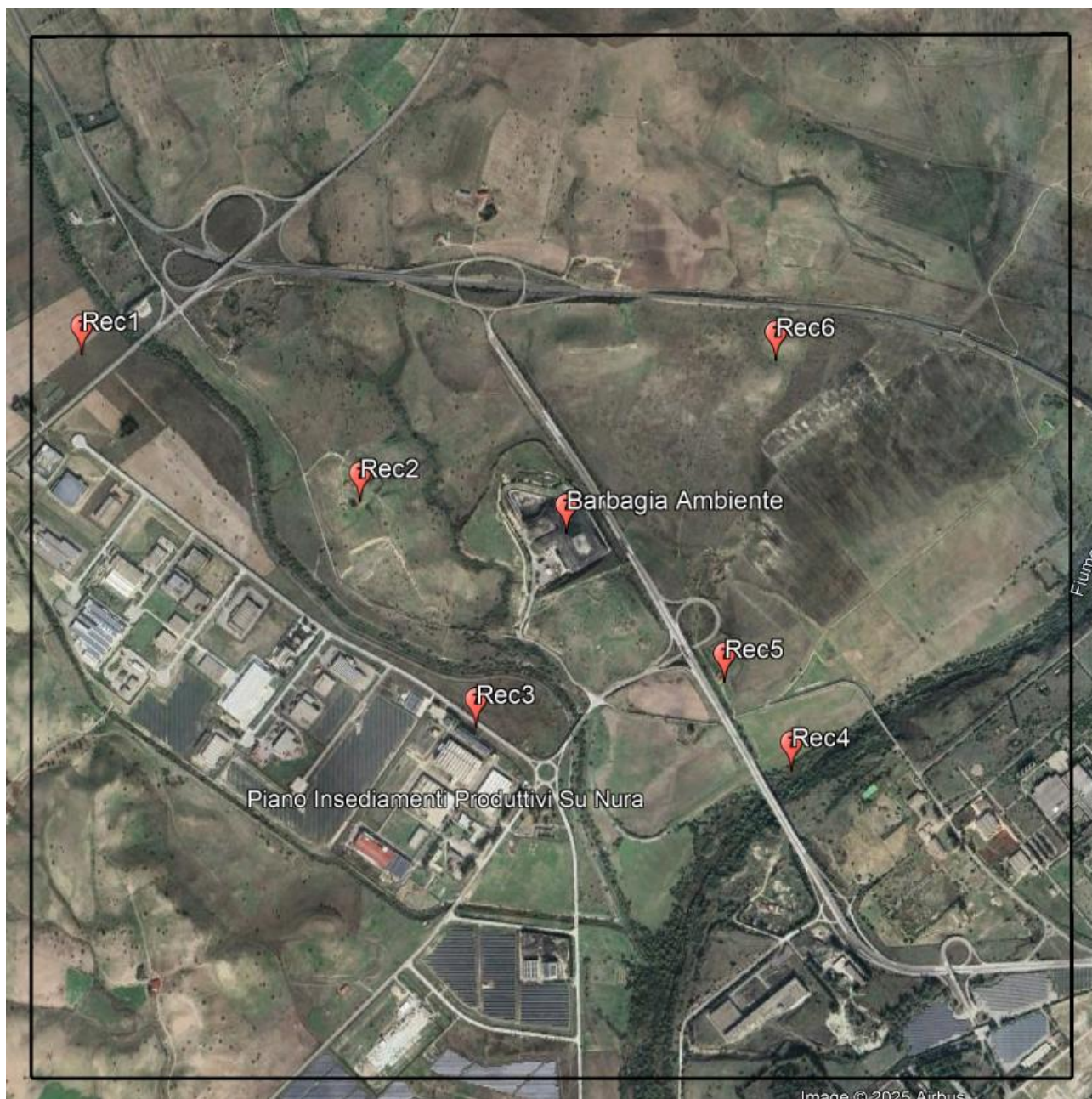
## 11. RICETTORI

L'area circostante il sito è di tipo industriale, non vi sono, pertanto, ricettori residenziali o assimilabili. Proprietà terze che possono risultare occupate durante le ore di funzionamento dell'impianto sono situate a 460-470 metri dai confini del lotto e sono costituite da insediamenti agricoli e industriali alcuni dei quali evidentemente dismessi.

Si ritiene pertanto di escludere la presenza di ricettori sensibili nelle aree circostanti l'impianto e le presenze umane sono da considerarsi comunque temporanee e discontinue. Tuttavia, allo scopo di offrire dei punti di riferimento per la valutazione dell'impatto, sono stati individuati sei ricettori, rappresentativi dei principali usi del suolo circostanti la sorgente emissiva: aree agricole ed insediamenti zootecnici, insediamenti industriali, aree a valenza naturalistica ed a valenza archeologica, come individuati nella sottostante **Tab. 11/I** e **Fig. 11/II**.

Ricettore	Coordinate		Descrizione
	X (m)	Y (m)	
<b>Ric01</b>	499191	4456837	Campo coltivato
<b>Ric02</b>	499939	4456448	Allevamento ovini
<b>Ric03</b>	500254	4455761	Limite insediamenti industriali
<b>Ric04</b>	501152	4455626	Alveo del fiume Tirso
<b>Ric05</b>	500990	4455908	Edificio dismesso (ex-allevamento ovini)
<b>Ric06</b>	501155	4456855	Area archeologica

Tab. 11/I: Coordinate identificative dei ricettori



**Figura 11/I: Ubicazione ricettori più prossimi.**



## 12. SORGENTI E FATTORI DI EMISSIONE

### 12.1 Amianto

Le sorgenti individuate sono le due celle di coltivazione, previste con la sopraelevazione della discarica indicate nella **figura 12/I** seguente e considerate alla quota di fine abbancamento del secondo modulo di sopraelevazione:



**Figura 12/I: Localizzazione celle amianto**

Le due celle hanno rispettivamente dimensione in pianta di 800 m<sup>2</sup> e 1830 m<sup>2</sup>.

In letteratura non esiste alcuna stima attendibile di emissione di fibre di amianto da un impianto di smaltimento di rifiuti come quello oggetto d'indagine. Dalla ridotta letteratura in merito, che si basa sul confronto tra valori di immissione verificati in campo con quelli calcolati dal modello in un impianto con caratteristiche simili a quello in oggetto si è potuto procedere ad una stima del flusso di emissione. Tale confronto ha permesso di stimare in modo fortemente cautelativo un Flusso di emissione di 1 fibra/m<sup>2</sup>s.

Si è stabilito poi, sempre in modo fortemente cautelativo (poiché è prevista la copertura giornaliera di ogni parte della cella in coltivazione), che la superficie scoperta possa avere superficie di emissione pari a quella delle due celle (800 m<sup>2</sup> e 1.830 m<sup>2</sup>). Pertanto l'emissione è stata ipotizzata in Emissione totale di fibre

aerodisperse scenario Long Term è pari a 2.600 fibre/s.

Come è stato possibile verificare, in studi analoghi al presente, tale valore di emissione permette di spiegare concentrazioni medie dell'ordine di 0,2 fibre/m<sup>3</sup> per punti di campionamento al contorno dell'impianto e perlomeno di un ordine di grandezza inferiore (< 0,02 fibre/m<sup>3</sup>) per punti di campionamento del fondo ambientale subito esterni all'impianto.

Per quanto riguarda le caratteristiche aerodinamiche le fibre di amianto vengono assimilate a polveri di 10 µm di dimensione (lunghezza della singola fibra).

Pertanto, si è proceduto con la modellazione della dispersione sulla base degli assunti che qui si riassumono:

Inquinante:	Amianto in fibre (assimilato a polveri PM <sub>10</sub> )
Superficie di emissione:	$800 \text{ m}^2 + 1.830 \text{ m}^2 = 2.630 \text{ m}^2$
Flusso di emissione:	$800 \text{ fibre/s} + 1.830 \text{ fibre/s} = 2.630 \text{ fibre/s}$

## 12.2 Odori

La scelta del valore specifico di emissione di odori funzionale alla previsione dell'impatto odorigeno di un nuovo impianto di trattamento di rifiuti, ancorché giustificabile sulla base di dati di letteratura, si ritiene che non possa però prescindere da ulteriori considerazioni e valutazioni tecniche riferibili allo specifico caso oggetto di analisi.

Sulla base delle previsioni di conferimento, della superficie interessata e delle modalità operative adottate, la sorgente emissiva potenziale è costituita da parte della superficie in coltivazione della discarica, interessata dallo stendimento di fanghi di depurazione, o altri rifiuti odorigeni, limitatamente al tempo di esposizione atmosferica (dallo scarico alla copertura giornaliera).

Mentre per alcuni impianti industriali, tra cui le discariche di rifiuti urbani, sono noti in letteratura (§ Sironi et al.-2003) i rispettivi fattori di emissione, desunti da monitoraggi pregressi, nel presente caso, in cui la gamma di rifiuti potenzialmente odorigeni è limitata per tipologia (quasi esclusivamente fanghi di depurazione) ed a una modesta quota-parte dei rifiuti smaltiti (non oltre il 20-25% del totale), risulta particolarmente difficile far riferimento a specifici valori.

Pertanto, ai fini delle simulazioni, in via del tutto cautelativa, si sono assunti i fattori di emissione massimi per impianti di discarica di rifiuti urbani, rilevati in letteratura, adeguatamente rimodulati in funzione delle quantità e modalità operative di smaltimento.

In particolare, è stata assunta quale sorgente areale di emissione, la superficie media occupata dallo stendimento giornaliero dei fanghi esposti sulla superficie di coltivazione, prima della copertura giornaliera, per un lasso temporale di esposizione di 12 ore. In via cautelativa, questa superficie è stata fatta coincidere con la quota sommitale di abbancamento dei rifiuti prevista in progetto. Sulla base dei conferimenti pregressi, assumendo:

- un quantitativo medio annuo di fanghi smaltiti di circa 6-7.000 t

- un conferimento massimo giornaliero non superiore a 80 t/g
- uno stendimento in strato medio di m 0,20

la sorgente areale assume una superficie di circa  $m^2$  400 a cui è stato assegnato, sempre in via estremamente cautelativa, un fattore di emissione pari al 50% di quello delle discariche per rifiuti urbani indifferenziati, prima della copertura giornaliera, come quantificato da studi sperimentali condotti da Sironi et al. (2005), i quali hanno campionato le sorgenti di odore di discariche per RSU italiane, a mezzo della tecnica dinamica wind tunnel (camera di flusso) determinandola in a 5.5 OUE/ $m^2s$ . Pertanto, il fattore di emissione qui adottato è 2.8 OUE/ $m^2s$

## 12.4 Metano

L'intera area di discarica sarà dotata di circa n. 20 micro-impianti di bio ossidazione posti a distanza ravvicinata (**Fig. 12/II**). Quindi le emissioni di metano possono considerarsi come un'emissione areale pari a 0,001  $Nm^3/m^2/h$  (V. Barbagia Ambiente – Progetto impianto di trattamento biogas – Emendo s.r.l. - dicembre 2023).

**Fig. 12/II: Planimetria ubicazione biossidatori**

## 12.5 Polveri

Per la stima dei diversi fattori di emissione sono state utilizzate le relazioni in merito suggerite dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (E.P.A., AP-42, Fifth Edition, *Compilation of air pollutant emission factors, Volume I, Stationary Points and Area Sources*).

Per ogni tipologia di sorgente considerata si illustrano di seguito le stime dei fattori di emissione.

### 12.5.1 Emissione di particolato da movimentazione dei rifiuti

All'interno della discarica è previsto un utilizzo di mezzi d'opera dediti alla sistemazione del materiale per un periodo di attività stimato in 4 ore/giorno.

Il fattore di emissione del particolato derivante dall'attività di carico/scarico, movimentazione e compattazione dei rifiuti è funzione dei seguenti parametri <sup>2</sup>:

- contenuto in silt del materiale movimentato: pari all' 8,7%, in base a quanto riportato da certificati di prova relativi ad analisi granulometriche sui rifiuti;
- contenuto in umidità del materiale (assunto pari al 10%);
- numero di mezzi nel periodo di lavoro e relative ore di attività effettiva (4 mezzi in base a quanto esposto nella tabella precedente).

Fase	Fattori di emissione (g/s)	
	PM10	PM2.5
Bulldozing	0,383	0,054
Totale	0,383	0,054

## 5.2 Emissione di particolato da trasporto dei rifiuti su piste non asfaltate

I mezzi in movimento all'interno della discarica, sia quelli connessi direttamente con le attività di movimentazione e compattazione dei rifiuti, sia gli autocarri in entrata/uscita dalla discarica, effettuano le proprie manovre su aree prive di pavimentazione.

Il particolato è in questo caso originato dall'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste, indotta dalle ruote dei mezzi. Le particelle sono quindi sollevate dal rotolamento delle ruote, mentre lo spostamento d'aria continua ad agire sulla superficie della pista dopo il transito. Anche in questo caso si sono utilizzate le relazioni fornite dall'EPA<sup>3</sup>

Il fattore di emissione di particolato dalle strade pavimentate è funzione dei seguenti parametri:

- contenuto in silt della superficie su cui transita il mezzo (assunto pari all'8,7% per i mezzi in movimentazione all'interno della discarica, e valore analogo per la pista di collegamento con la viabilità ordinaria percorsa dagli autocarri in entrata/uscita dalla discarica);
- peso medio dei veicoli (assunto pari a circa 16 tonnellate, mediando tra le condizioni a pieno carico e a vuoto);

<sup>2</sup> E.P.A., AP-42, Fifth Edition. Si veda il capitolo 19.2, Tabella 11.9.2

<sup>3</sup> E.P.A., AP-42, Fifth Edition. Si veda il capitolo 13.2.2 Unpaved roads, equazioni (1) e (2)

- numero di viaggi nel periodo lavorativo (stimato sulla base delle singole ore di lavorazione per i mezzi in movimento nella discarica, e assunto pari a un massimo di 9);
- lunghezza percorsi effettuati (assunta pari a circa 1000 metri, per quanto attiene il percorso seguito dai mezzi all'interno della discarica, e pari a 1000 metri, per quanto attiene il tratto di collegamento con la viabilità ordinaria, per gli autocarri in entrata/uscita).

Il fattore di emissione così ottenuto non è stato corretto per tener conto della riduzione della emissione di polveri per effetto della pioggia (attendendo un numero di giorni piovosi in un anno pari a 60), pertanto, i risultati attesi sono sovrastimati.

Fase	Fattori di emissione (g/s)	
	PM10	PM2.5
Unpaved Roads – construction sites	0,504	0,050
Totale	0,504	0,050

### 12.5.3 Emissione particolato da risollevarimento eolico di polveri dalla superficie esposta dei rifiuti abbancati

Il fattore di emissione del particolato derivante dal risollevarimento di polveri a seguito dell'accumulo di materiale sciolto è funzione dei seguenti parametri<sup>4</sup> :

- velocità media del vento (pari a 3,2 m/s);
- contenuto di umidità del terreno (assunto pari al 3%)
- tonnellate di materiale stoccato (considerando lo strato superficiale dell'intera area della discarica).

Fase	Fattori di emissione (g/s)	
	PM10	PM2.5
Aggregate Handling And Storage Piles	0,056	0,008
Totale	0,056	0,008

### 12.5.4 Polvere sollevata dal trasporto dei materiali da costruzione su piste non asfaltate

Gli argini di sopraelevazione verranno costruiti contestualmente alla coltivazione, seppure in parti differenti della discarica, per cui le fasi di costruzione e di esercizio sono per lo più coincidenti. Gli argini verranno sollevati con riporto e formazione di materiale tipo tout-venant proveniente da cave esterne al sito, mediante trasporto su gomma su strade per lo più asfaltate per poi attraversare i percorsi sterrati all'interno della proprietà. Si considera una quantità di materiale trasportato di circa 600 t/g e il

<sup>4</sup> E.P.A., AP-42, Fifth Edition. Si veda il capitolo 13.2.4 Aggregate handling and storage piles, equazione (1)

conferimento mediante mezzi della portata di circa 20 tonnellate (a cui aggiungere circa 10 tonnellate di peso a vuoto), per 30 viaggi complessivi al giorno distribuiti nelle 8 ore lavorative.

In considerazione della geometria del manufatto, la sorgente complessiva di emissione è stata considerata di tipo areale, considerando il centro geometrico dell'area in oggetto.

Il fattore di emissione di particolato dalle strade pavimentate, similmente a quanto calcolato al precedente paragrafo 12.5.2, è funzione dei seguenti parametri:

- contenuto in silt della superficie su cui transita il mezzo (assunto pari all'8,7% per i mezzi in movimentazione all'interno della discarica, e valore analogo per la pista di collegamento con la viabilità ordinaria percorsa dagli autocarri in entrata/uscita dalla discarica);
- peso medio dei veicoli (assunto pari a circa 20 tonnellate, mediando tra le condizioni a pieno carico e a vuoto);
- numero di viaggi nel periodo lavorativo (stimato sulla base delle singole ore di lavorazione per i mezzi in movimento nella discarica, e assunto pari a un massimo di 30);
- lunghezza percorsi effettuati (assunta pari a circa 1000 metri, per quanto attiene il percorso seguito dai mezzi all'interno della discarica, e pari a 1000 metri, per quanto attiene il tratto di collegamento con la viabilità ordinaria, per gli autocarri in entrata/uscita).

Fase	Fattori di emissione (g/s)	
	PM10	PM2.5
Unpaved Roads – construction sites	1,549	0,155
Totale	1,549	0,155

### 12.5.5 Emissione particolato da costruzione nuovi argini

Come già indicato al paragrafo precedente, gli argini di sopraelevazione verranno costruiti contestualmente alla coltivazione, seppure in parti differenti della discarica, per cui le fasi di costruzione e di esercizio sono per lo più coincidenti. In considerazione della geometria del manufatto, la sorgente complessiva di emissione è stata considerata di tipo areale, considerando il centro geometrico dell'area in oggetto. I fattori in questione sono sostanzialmente attribuibili a: 1 pala gommata, 1 escavatore, 1 rullo compattatore con potenza media di 200 Hp, un utilizzo medio del 70% ed un impiego giornaliero di 8 h.

Si considera un volume di materiale (tout-venant) movimentato: circa 400 mc/g (600t/g), per una superficie giornaliera di cantiere: max. 250-300 mq. Non è previsto lo stoccaggio di materiale in cumuli, prima della posa in opera. La sezione media degli argini è di circa 40 mq e l'altezza media di m 5.

Le emissioni sono stimate a partire dal già citato documento E.P.A., AP-42, Fifth Edition, considerando la tabella 13.2.3-1 in cui si riportano i riferimenti per i metodi di calcolo relativi a: "Bulldozing", "Truck dumping of fill material, road base or other material", "Compacting". Le relative equazioni si basano su umidità e contenuto in silt, presi pari rispettivamente a 0,7% e 1,6% in accordo con i valori indicati in Table

13.2.4.-1 della AP-42 "Aggregate Handling and Storage Piles-crushed limestone" e con i valori per le strade di servizio di miniere a cielo aperto (tabella 13.2.2-1 del capitolo 13 Linee guida AP-42).

Fase	Fattori di emissione (g/s)	
	PM10	PM2.5
Bulldozing	0,313	0,044
Truck dumping of fill material, road base or other material	0,216	0,033
Compacting	0,313	0,044
Totale	0,842	0,121

### 12.5.6 Emissione di particolato complessive

Si riportano di seguito i fattori di emissione relativi a tutte le sorgenti di polveri considerate.

Fase	Durata h/giorno	Fattori di emissione (g/s)	
		PM10	PM10
Movimentazione rifiuti in discarica	4	0,383	0,054
Transito mezzi per trasporto rifiuti su piste non asfaltate	8	0,504	0,050
Erosione da cumuli di rifiuti	24	0,056	0,008
Costruzione degli argini	8	0,842	0,121
Trasporto materiale da costruzione su piste non asfaltate	8	1,549	0,155

## 12.6 Monossido di Carbonio (CO)

Il Monossido di Carbonio associabile all'attività è strettamente legato al traffico di mezzi pesanti da e per il sito e dall'utilizzo di mezzi meccanici per le operazioni di coltivazione e costruzione dei nuovi argini. Si osserva che il numero stimato di mezzi pesanti da e per la discarica è pari a 39 (di cui 9 per il trasporto rifiuti e 30 per il trasporto dei materiali occorrenti per i lavori di sollevamento degli argini) mentre ulteriori 3 mezzi d'opera verrebbero utilizzati per il cantiere. Da quanto riportato nel *Piano Regionale Trasporti della Regione Sardegna* (2007), l'analisi del flusso veicolare all'altezza di Ottana (pag. 95) ha fatto rilevare un traffico di 1445 veicoli di cui il 36% costituito da veicoli pesanti (pari a 520) nell'arco di 3 ore fra le 6:15 e le 9:15. La proiezione sulle 8 ore porta a una stima di 1390 veicoli pesanti. Pertanto, l'impatto in termini di emissioni di CO nell'area si ritiene qui poco significativo e non meritevole di uno studio più approfondito.

## 12.7 Diossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)

Per il Diossido di Azoto possono essere fatte le medesime considerazioni già illustrate al capitolo precedente per l'impatto delle attività sulle concentrazioni di Monossido di Carbonio. Si ritiene, pertanto che la modellizzazione delle emissioni di Diossido di Azoto sia poco significativa e viene omessa.



### 13. SINTESI DEI DATI METEOCLIMATICI

I dati meteo utilizzati sono quelli restituiti dalla centralina meteo aziendale, a titolo di esempio si riportano di seguito quelli relativi al 2022. In appendice sono riportati i dati dell'intero triennio.

I dati rilevati dalla stazione denotano una prevalenza di vento da Nord Ovest (*Maestrale*) e una componente importante anche in direzione opposta Sud Est, caratteristica, questa, dell'ultimo decennio, in tutta l'Isola. Le temperature sono mediamente elevate rispetto al resto del territorio e le precipitazioni scarse.

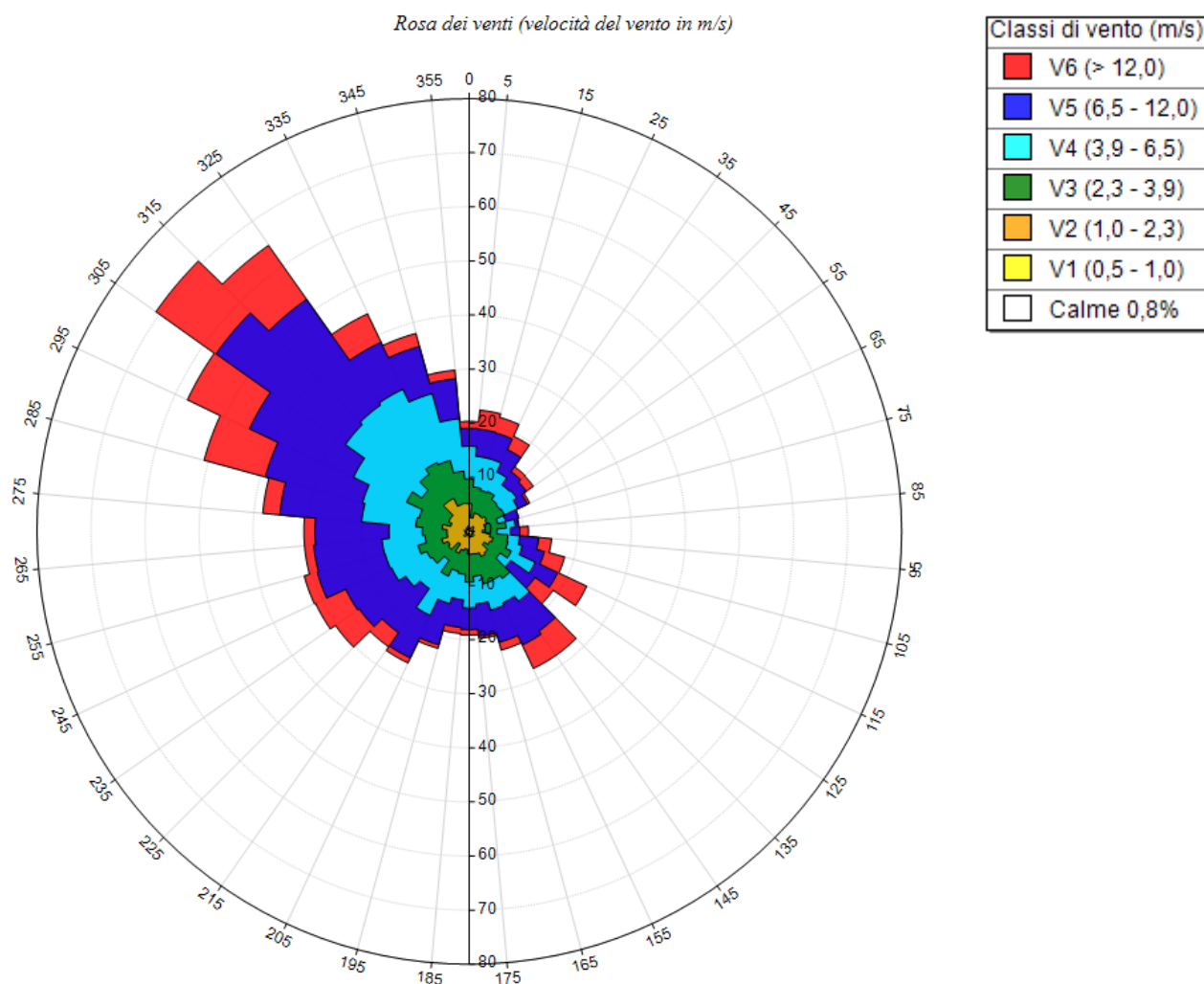


Figura 13/I: Ventosità (2022)



Figura 13/II: Temperatura (2022)

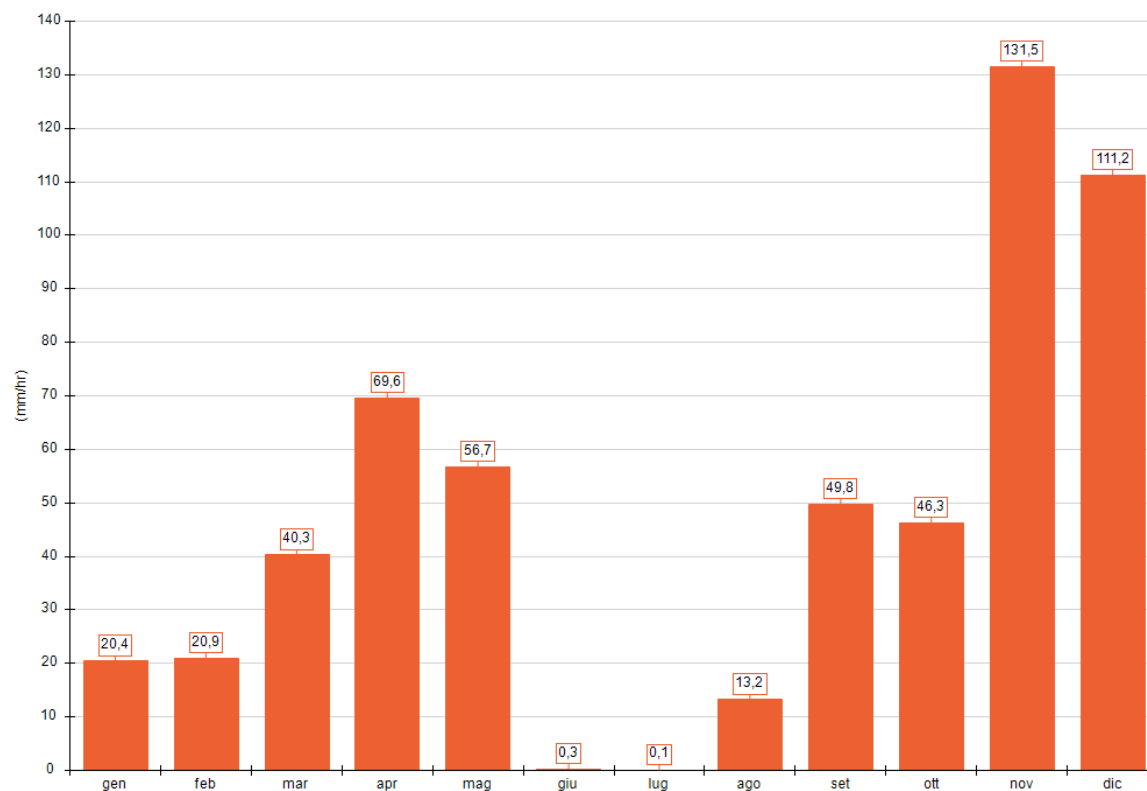


Figura 13/III: Precipitazioni (2022)

## 14. AREA DI STUDIO ED ALTRI PARAMETRI DI CALCOLO

L'area di studio in cui calcolare le ricadute degli inquinanti al suolo è stata definita in modo da quantificare le ricadute delle concentrazioni indotte dagli impianti in progetto in tutta l'area prevedibilmente interessata. È stata a tal fine considerata inizialmente un'area di ampiezza pari a 10.0 x 10.0 km comprendente in posizione baricentrica l'impianto in esame. In seguito alle simulazioni, rilevata la scarsa concentrazione di inquinanti, tale area è stata ridotta a 3.0 x 3.0 km.



Figura 14/I: Area di studio

Nell'area è stata definita una maglia di potenziali recettori posti ai vertici di quadrati di 50 m di lato rispetto ai quali sono stati condotti i calcoli di dispersione. Date le caratteristiche delle aree analizzate, è stata utilizzata la parametrizzazione dei coefficienti di dispersione proposta da Briggs nel caso di sorgenti in aree extraurbane (Briggs Rural).

Inoltre, ad ogni punto del reticolo di calcolo è stata assegnata la corrispondente quota altimetrica, per entrambi gli assetti iniziale e finale, relativamente all'ampliamento in progetto.

## 15. QUADRO RIASSUNTIVO DELLE EMISSIONI

N.	Inquinante	Tipologia	Fattore di emissione	Durata	Note
E1	Amianto	Areale	800 fibre/s	12h	
E2	Amianto	Areale	1.830 fibre/s	12h	
E3	Odori	Areale	1.100 oue/s	12h	Posizione variabile
E4	PM <sub>10</sub>	Areale	0,056↔ 3,33 g/s	fino a 24 h	intera superficie
E5	PM <sub>2.5</sub>	Areale	0,008↔ 0,388 g/s	fino a 24 h	intera superficie
E6	Metano (CH <sub>4</sub> )	Areale	1,1E-4 g/s	24h	-

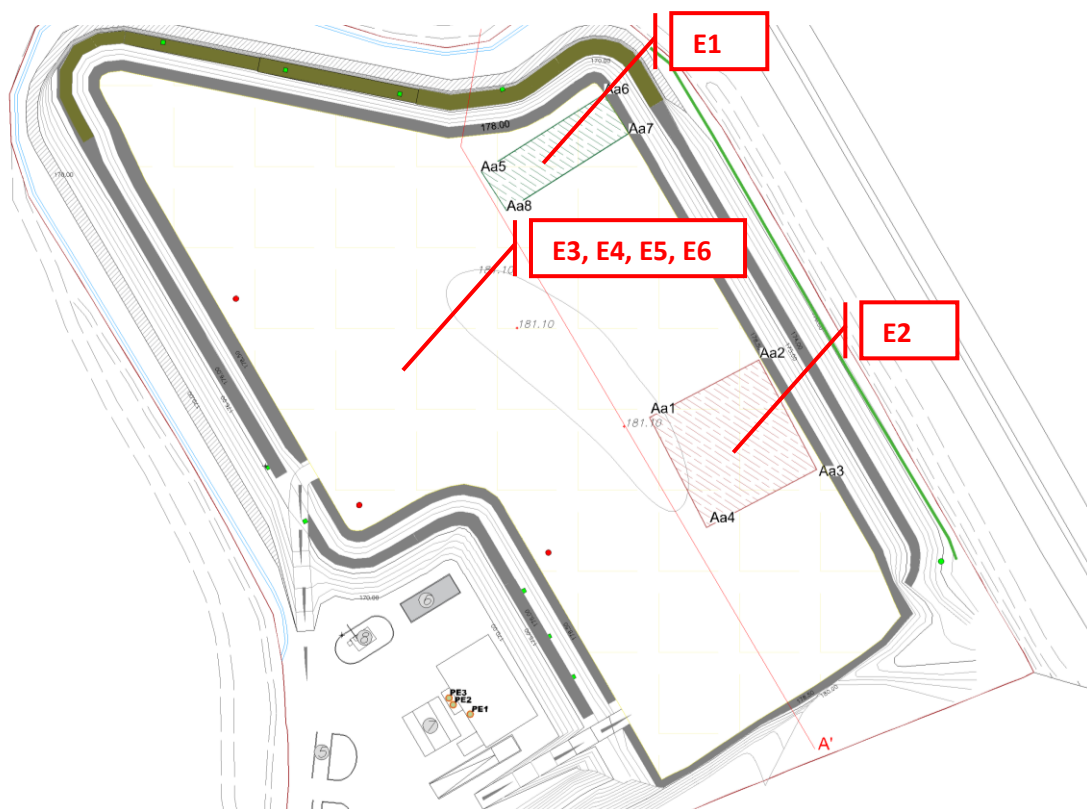


Figura 15/I: Punti di emissione

## 16. ANALISI DEI RISULTATI

Di seguito si analizzano i risultati della modellizzazione dei diversi inquinanti valutati in relazione all'attività in progetto. Ciascun inquinante è posto in relazione, laddove esistenti, ai limiti normativi vigenti. Pertanto, le polveri devono rispettare sia per la frazione PM<sub>2.5</sub> che per la PM<sub>10</sub> degli specifici valori medi calcolati su base **annuale** e, nel caso del PM<sub>10</sub>, anche dei **limiti giornalieri** che non possono essere superati più di un numero stabilito di volte nell'arco di un anno. Per il Metano e per l'amianto, non vi sono dei limiti normativi. Per le emissioni odorigene, trattandosi di aree che possono ricadere fra la quarta e la quinta classe di sensibilità secondo il DM 28/05/2023 n. 309 (vedasi par 8.2) in quanto a prevalente destinazione d'uso industriale, agricola, zootecnica e in parte terreni agricoli e zone non abitate, il livello limite è fissabile fra 4 e 5 OUE/m<sup>3</sup>. I risultati della modellazione ai ricettori considerati sono i seguenti:

### 16.1 Polveri PM<sub>2.5</sub>

#### Valori medi annuali

Descrizione	2020 (µg/m <sup>3</sup> )	2021 (µg/m <sup>3</sup> )	2022 (µg/m <sup>3</sup> )	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Limite D.Lgs.155/2020
Ric01	0,063	0,028	0,041	0,044	<b>25 µg/m<sup>3</sup></b>
Ric02	0,224	0,123	0,188	0,178	
Ric03	0,207	0,111	0,181	0,166	
Ric04	0,197	0,197	0,193	0,196	
Ric05	0,469	0,368	0,411	0,416	
Ric06	0,209	0,135	0,183	0,176	

Come si evince dalla tabella i valori sono ben al di sotto dei limiti di legge a tutti i ricettori individuati.

### 16.2 Polveri PM<sub>10</sub>

#### Valori medi annuali

Descrizione	2020 (µg/m <sup>3</sup> )	2021 (µg/m <sup>3</sup> )	2022 (µg/m <sup>3</sup> )	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Limite D.Lgs.155/2020
Ric01	0,538	0,241	0,350	0,376	<b>40 µg/m<sup>3</sup></b>
Ric02	1,930	1,060	1,620	1,537	
Ric03	1,780	0,958	1,550	1,429	
Ric04	1,700	1,700	1,660	1,687	



Descrizione	2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2021 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2022 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite D.Lgs.155/2020
Ric05	4,030	3,170	3,530	3,577	
Ric06	1,790	1,160	1,570	1,507	

Dalla modellazione risulta che il ricettore maggiormente esposto ai PM10 (Ric05) è individuabile in una casupola apparentemente disabitata e utilizzata come ricovero di mezzi agricoli nel quale è stimabile una concentrazione di polveri PM10 circa 10 volte inferiore ai limiti di legge.

#### Superamenti della soglia di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da verificarsi non più di 35 volte all'anno

Descrizione	2020	2021	2022	Media	Limite D.Lgs.155/2020
Ric01	1	0	0	0,333	35
Ric02	4	0	1	1,667	
Ric03	1	0	0	0,333	
Ric04	0	0	0	-	
Ric05	0	1	1	0,667	
Ric06	2	0	0	0,667	

I superamenti in tutti a tutti Ricettori sono trascurabili rispetto al limite di 35 annuali. Il ricettore maggiormente esposto risulta essere l'edificio a Nord-Ovest del sito di discarica, con un numero medio di superamenti circa 20 volte inferiore al limite.

### 16.3 Metano ( $\text{CH}_4$ )

Descrizione	2020 ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	2021 ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	2022 ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	Media ( $\text{g}/\text{m}^3$ )
Ric01	0,005	0,003	0,005	0,004
Ric02	0,019	0,011	0,017	0,016
Ric03	0,013	0,010	0,013	0,012
Ric04	0,015	0,014	0,016	0,015
Ric05	0,031	0,024	0,030	0,028
Ric06	0,011	0,010	0,013	0,011

Il livello di concentrazione di Metano è estremamente basso.

## 16.4 Amianto

Descrizione	2020 (f/m <sup>3</sup> )	2021 (f/m <sup>3</sup> )	2022 (f/m <sup>3</sup> )	Media (f/m <sup>3</sup> )
Ric01	0,001	0,000	0,001	0,001
Ric02	0,002	0,001	0,002	0,002
Ric03	0,002	0,001	0,002	0,002
Ric04	0,002	0,002	0,002	0,002
Ric05	0,005	0,005	0,005	0,005
Ric06	0,002	0,002	0,002	0,002

Per l'amianto, seppur non vi sia un limite di legge per l'inquinamento atmosferico, nel presente Studio, è stato quindi assunto il valore fortemente cautelativo di Valore guida di qualità dell'aria di 1 fibra/litro, ovvero 1.000 f/m<sup>3</sup>. Come si può osservare dai risultati della modellazione, le concentrazioni attese sono diversi ordini di grandezza inferiori a tale soglia.

## 16.5 Odore

Descrizione	2020 (u.o./m <sup>3</sup> )	2021 (u.o./m <sup>3</sup> )	2022 (u.o./m <sup>3</sup> )	Media (u.o./m <sup>3</sup> )	Limite DM 309/2023
Ric01	0,092	0,062	0,392	0,182	4/5 u.o./m <sup>3</sup>
Ric02	1,360	0,595	3,070	1,675	
Ric03	0,550	0,147	0,257	0,318	
Ric04	0,202	0,202	0,157	0,187	
Ric05	0,893	0,529	0,447	0,623	
Ric06	0,730	0,138	0,207	0,358	

Dall'analisi dei risultati della modellazione sulle emissioni odorigene si evince che, stante le ipotesi estremamente cautelative che sono alla base del modello, le concentrazioni di odore risultano significative sostanzialmente per il solo ricettore Ric02, situato a nord ovest del sito, al quale, tuttavia, risulta associato un livello di concentrazione 2/3 volte inferiore al limite stabilito dal DM 28/05/2023 n. 309 per il tipo di area su cui insiste.

## 17. CONCLUSIONI

Il presente studio ha indagato, secondo i dati disponibili, l'impatto delle emissioni di fibre di amianto, odori, metano, polveri ed inquinanti gassosi (CO e NO<sub>2</sub>) e della loro dispersione in atmosfera generate dall'ampliamento per sopraelevazione della discarica in esercizio per rifiuti speciali non pericolosi, ubicata in località "Coronas Bentonass" nel comune di Bolotana (Nu).

L'analisi è stata condotta con l'utilizzo di un modello riconosciuto a livello nazionale sui dati meteo raccolti dalla centralina aziendale e relativa agli anni 2020-21-22.

Con l'utilizzo di un post-processore sono stati ricavati i valori da confrontare con i limiti di legge (per polveri e odori) e con valori ritenuti significativi per gli altri inquinanti.

I livelli più elevati (seppur inferiori ai limiti) sono attesi al Ricettore Rec02 (a Nord Ovest del sito) per quanto riguarda il superamento dei valori di PM10 (media di 1,7 rispetto al limite di 35) e la concentrazione di odori (media di 1,7 OUE/m<sup>3</sup> a fronte di un valore limite di 4 OUE/m<sup>3</sup>, trattandosi di un insediamento agricolo) e al Ricettore Rec05 che è di fatto una casupola apparentemente adibita a ricovero attrezzi, nel quale è atteso il valore di PM10 più elevato (3,6 µg/m<sup>3</sup> a fronte di un limite di 40 µg/m<sup>3</sup>).

L'analisi delle simulazioni ha permesso di individuare per tutti gli inquinanti esaminati una distribuzione spaziale di emissioni limitata e circoscritta per lo più all'area di proprietà ed aree immediatamente limitrofe, da cui si evince che non si attendono impatti significativi in seguito all'attività in oggetto.

Terralba, 5 Febbraio 2025

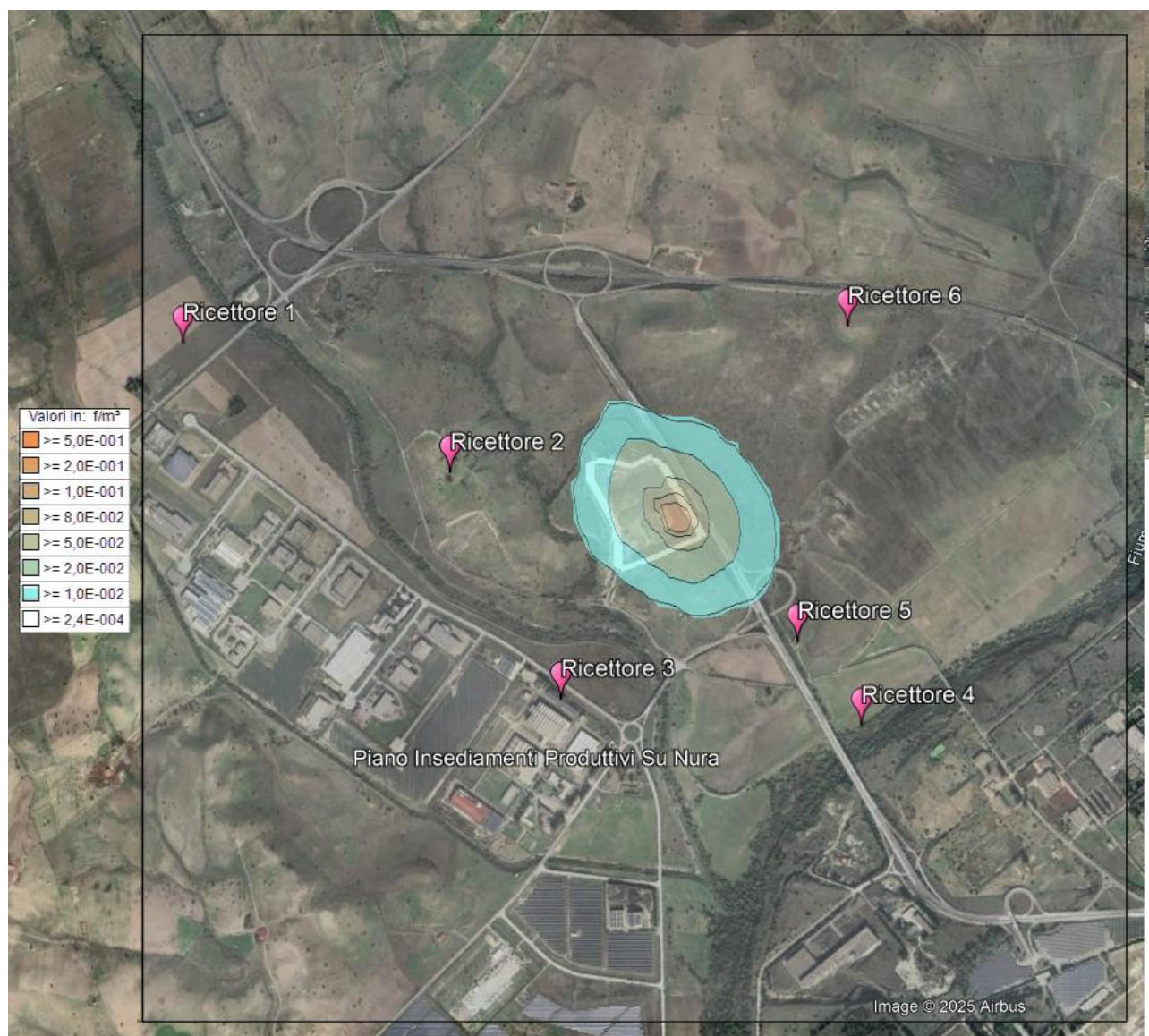
**FIRMATO DIGITALMENTE**

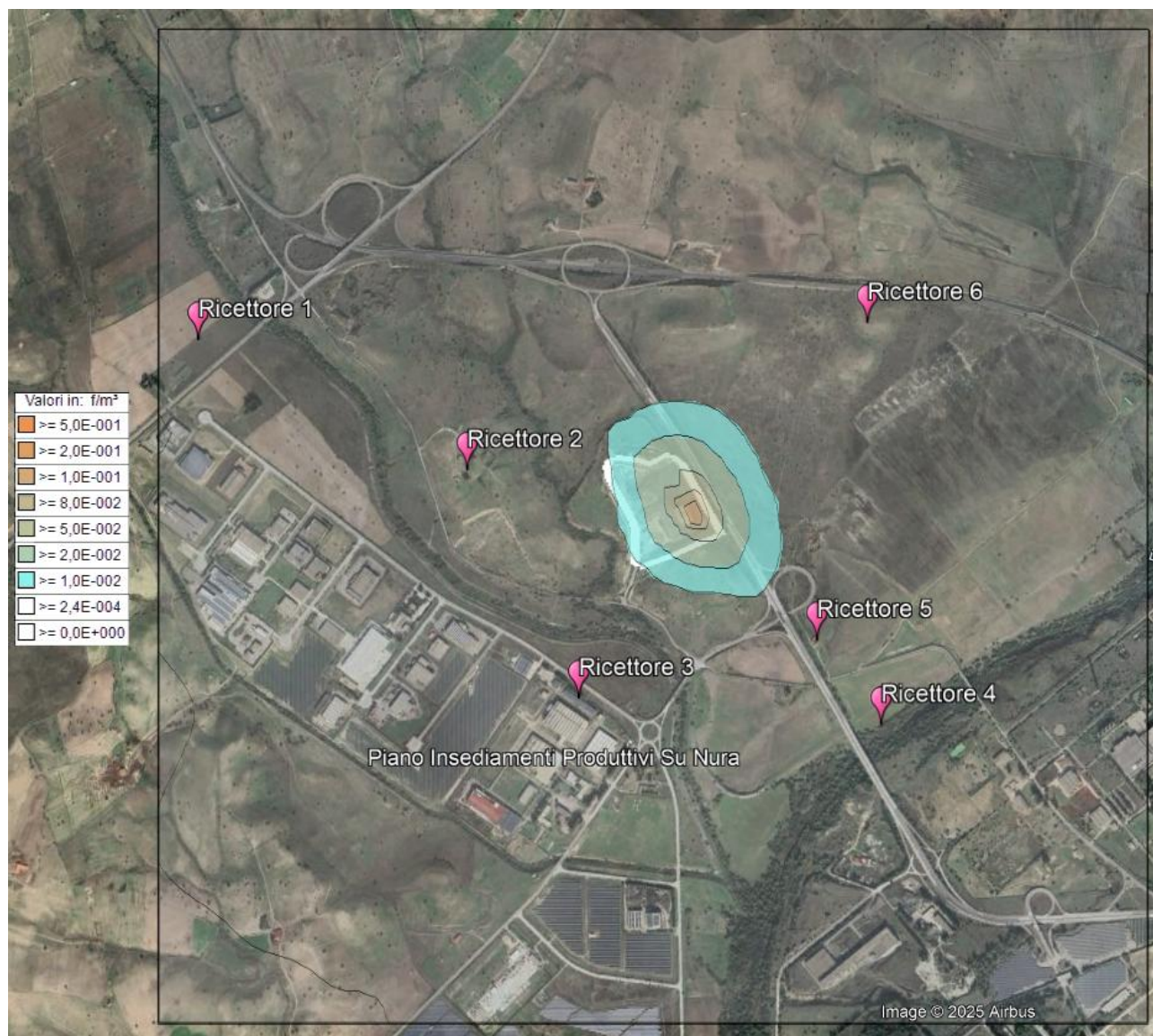
---

Il Relatore

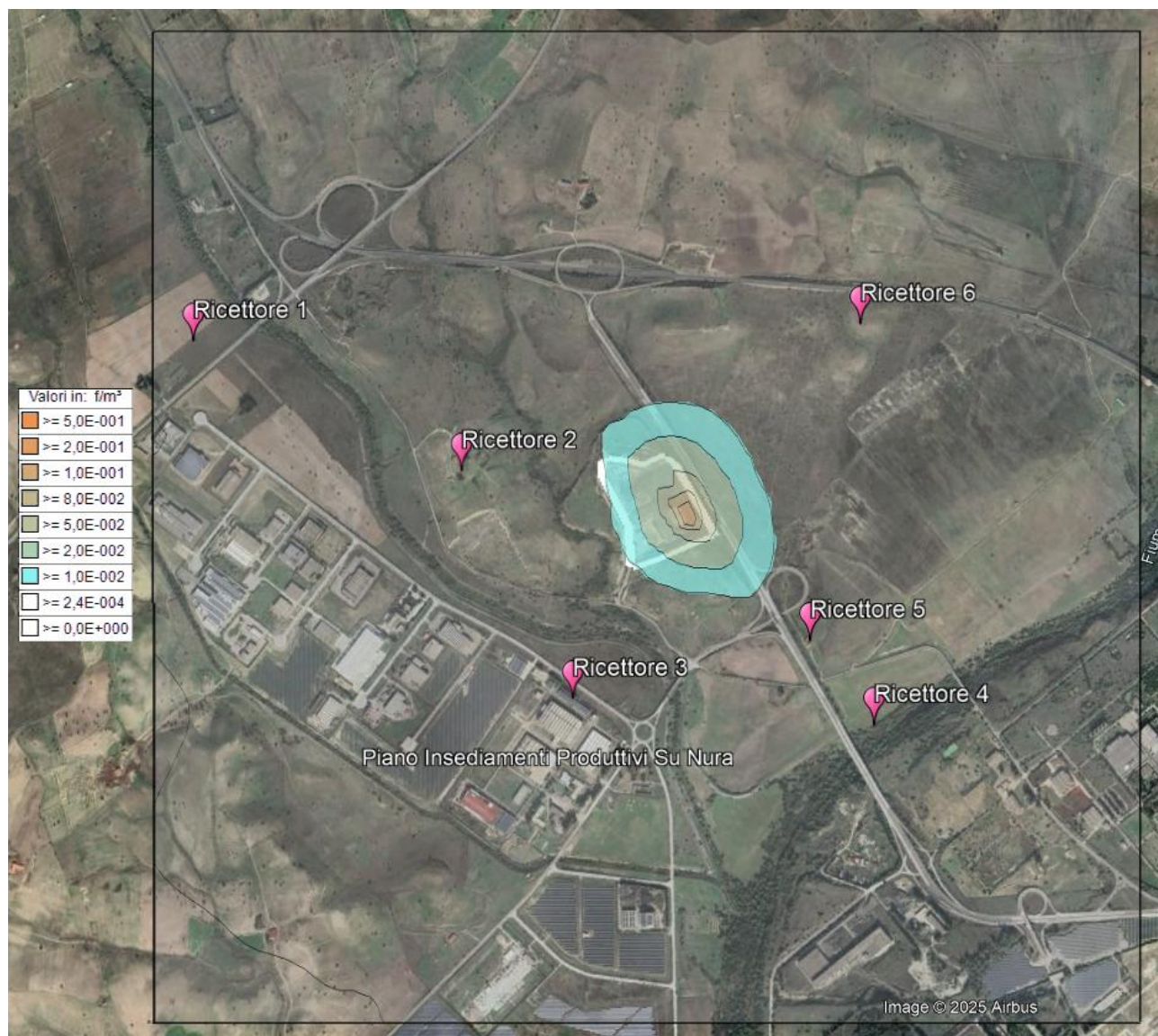
Ing. Luca Soru

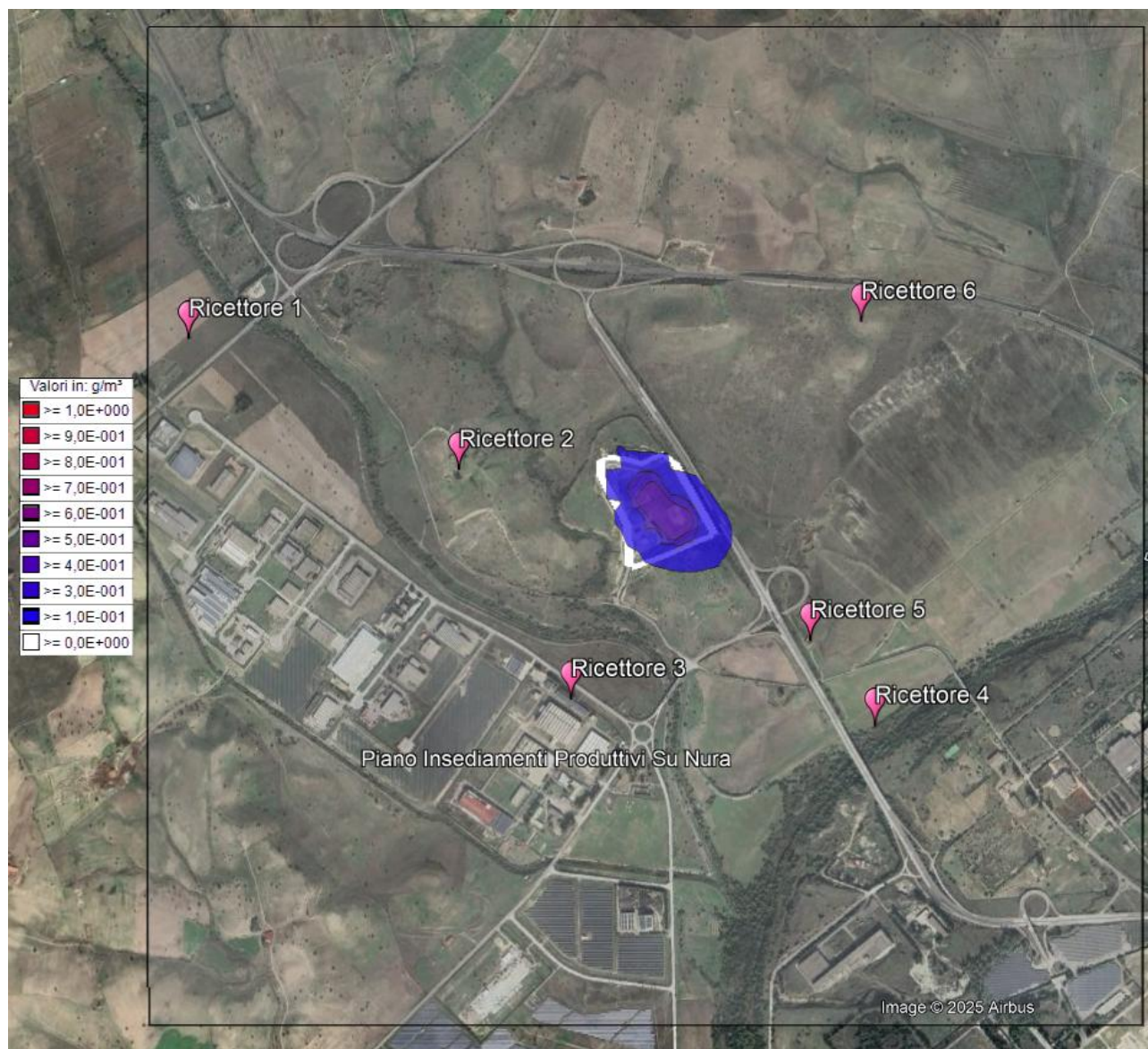


**APPENDICE: Risultati delle simulazioni****Amianto (2020) in fibre/m³**

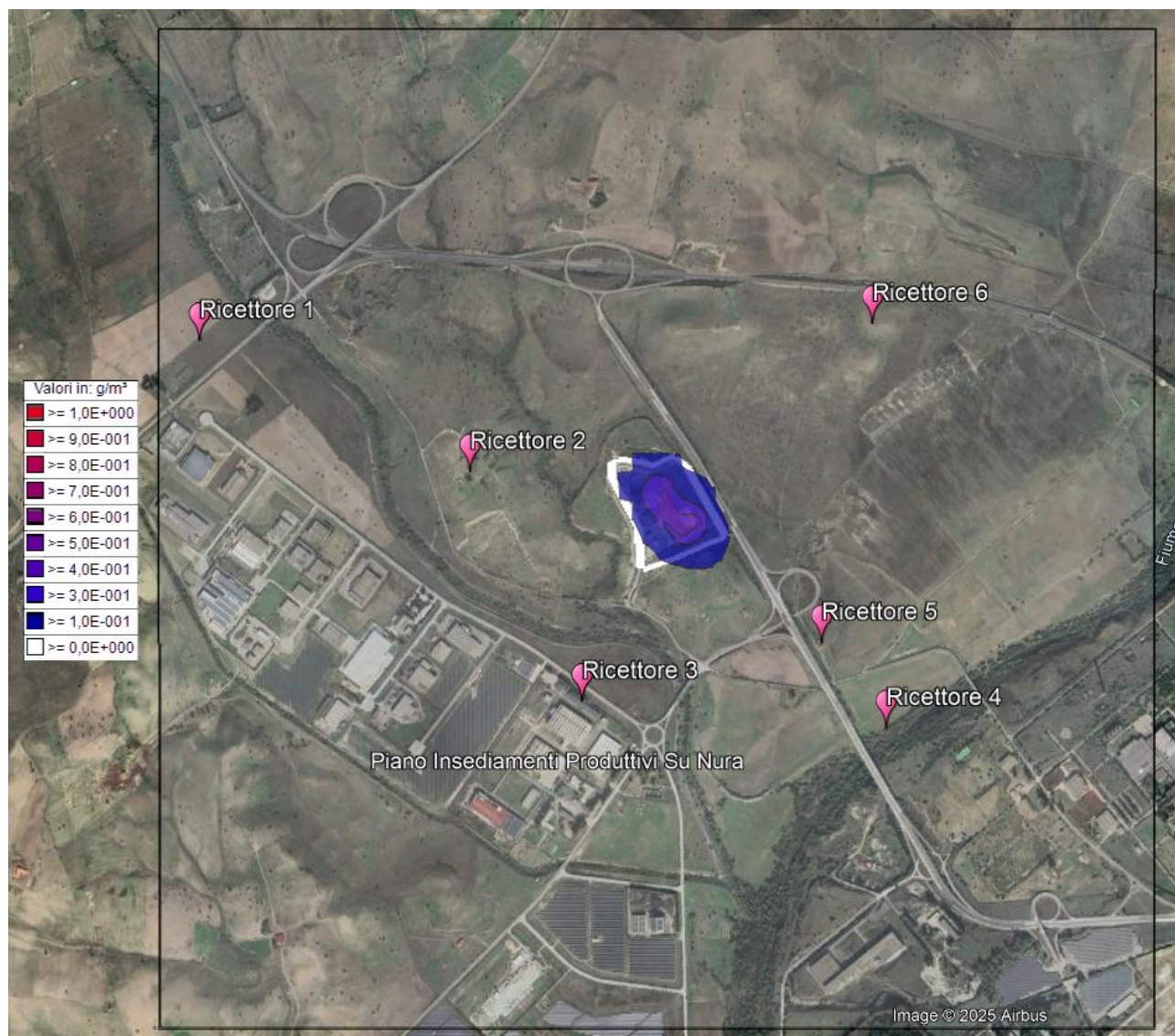
**Amianto (2021) in fibre/m³**

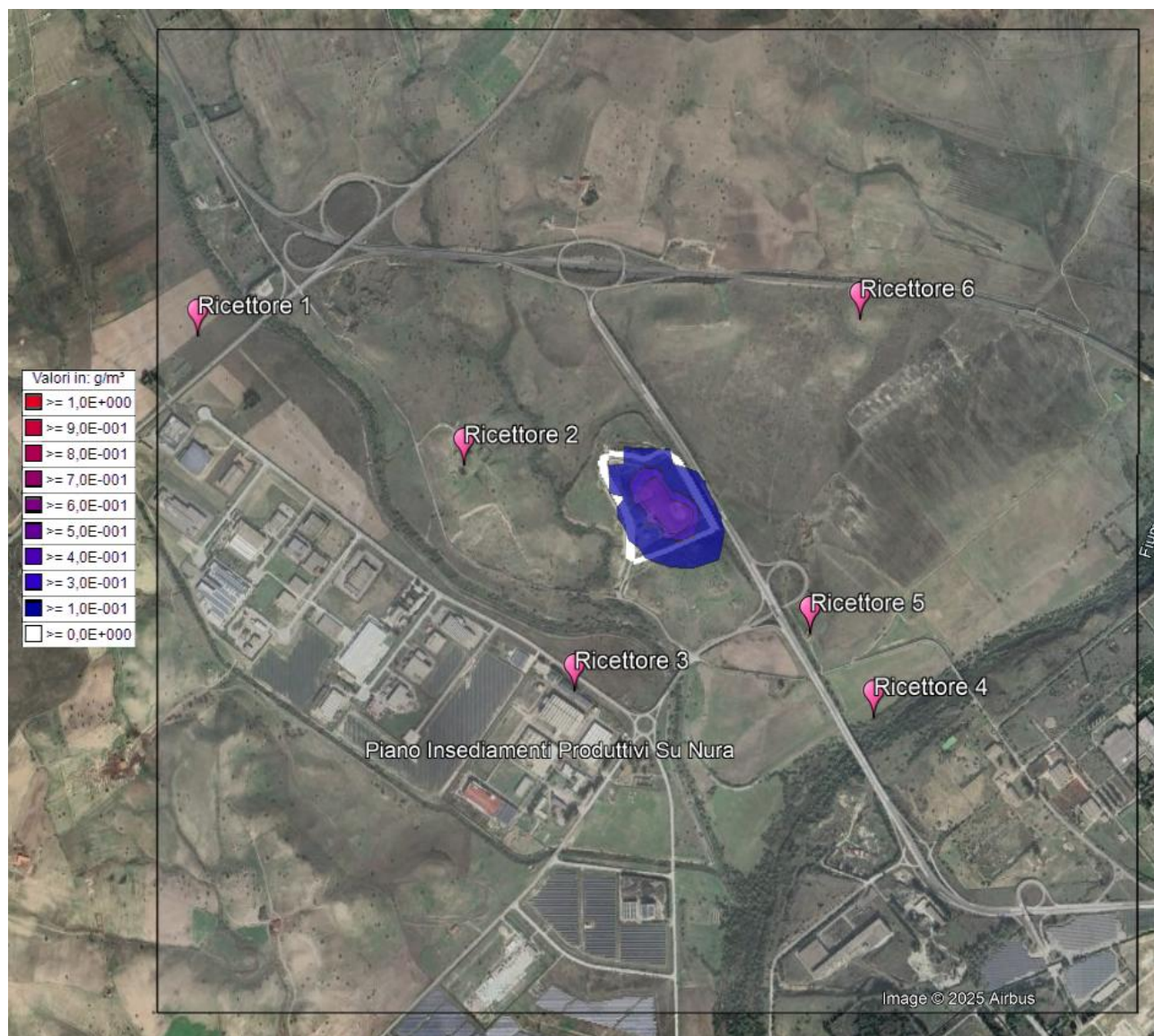


**Amianto (2022) in fibre/m³**

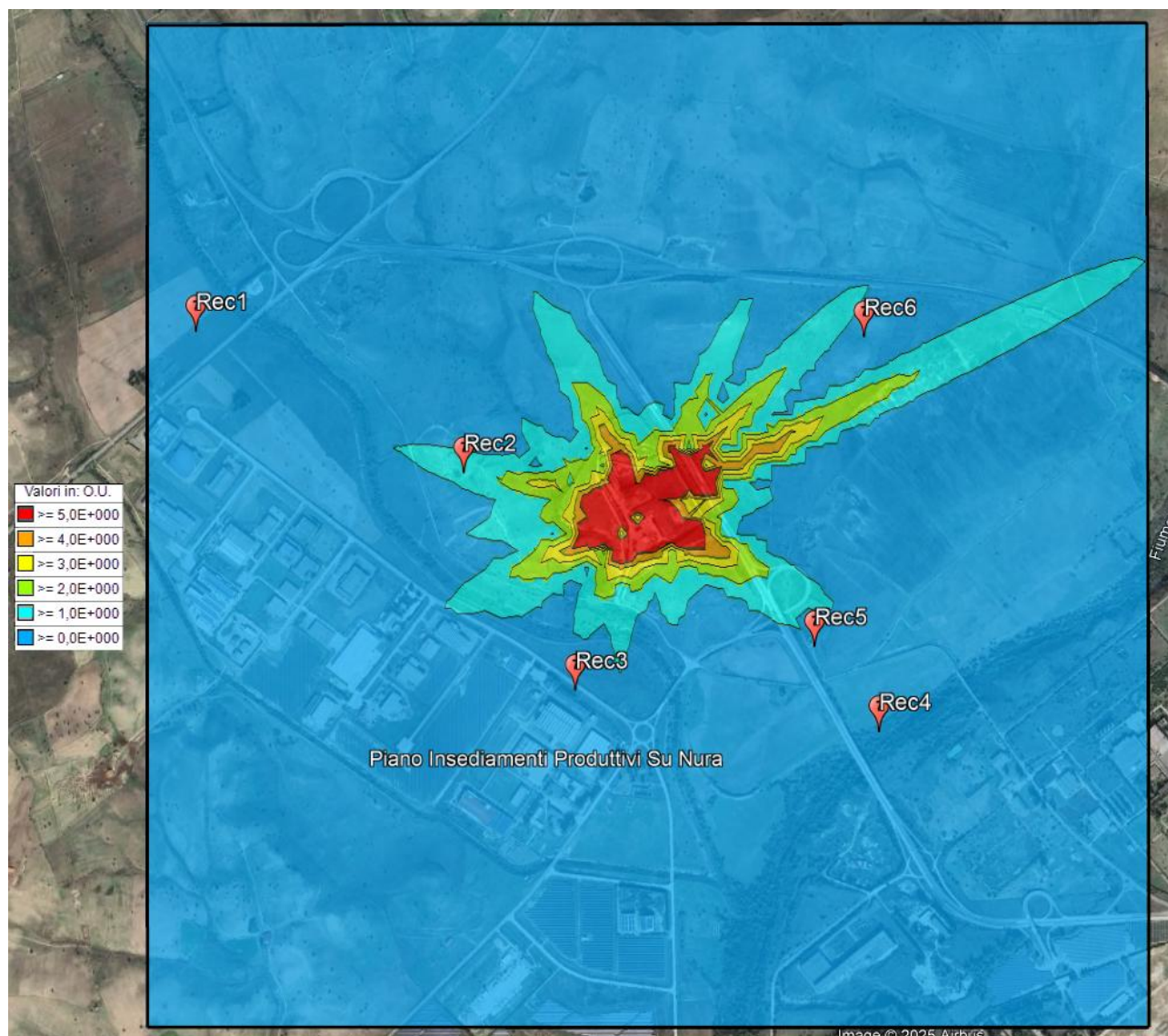
**Metano (2020) in g/m<sup>3</sup>**



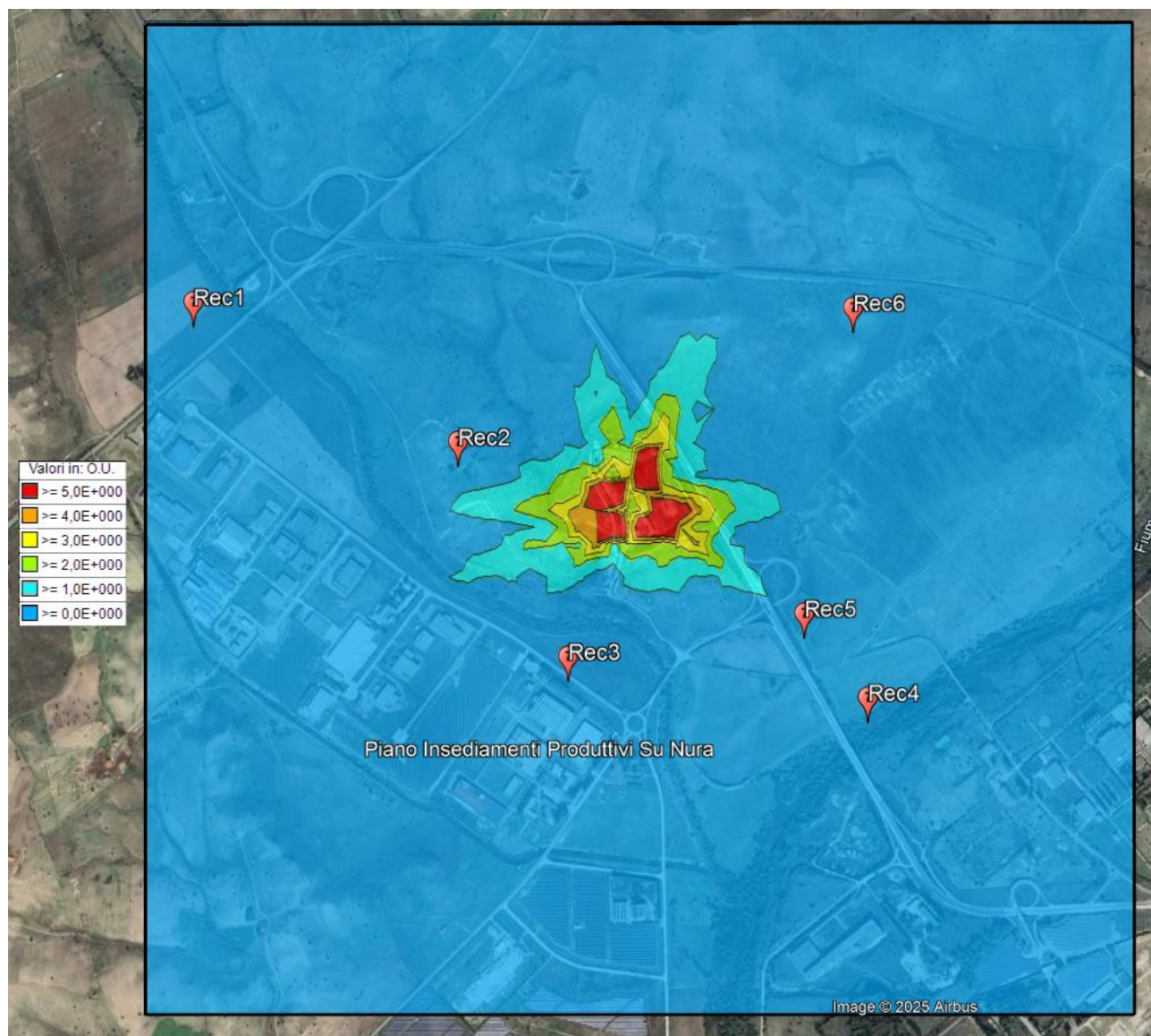
**Metano (2021) in g/m<sup>3</sup>**

**Metano (2022) in g/m³**

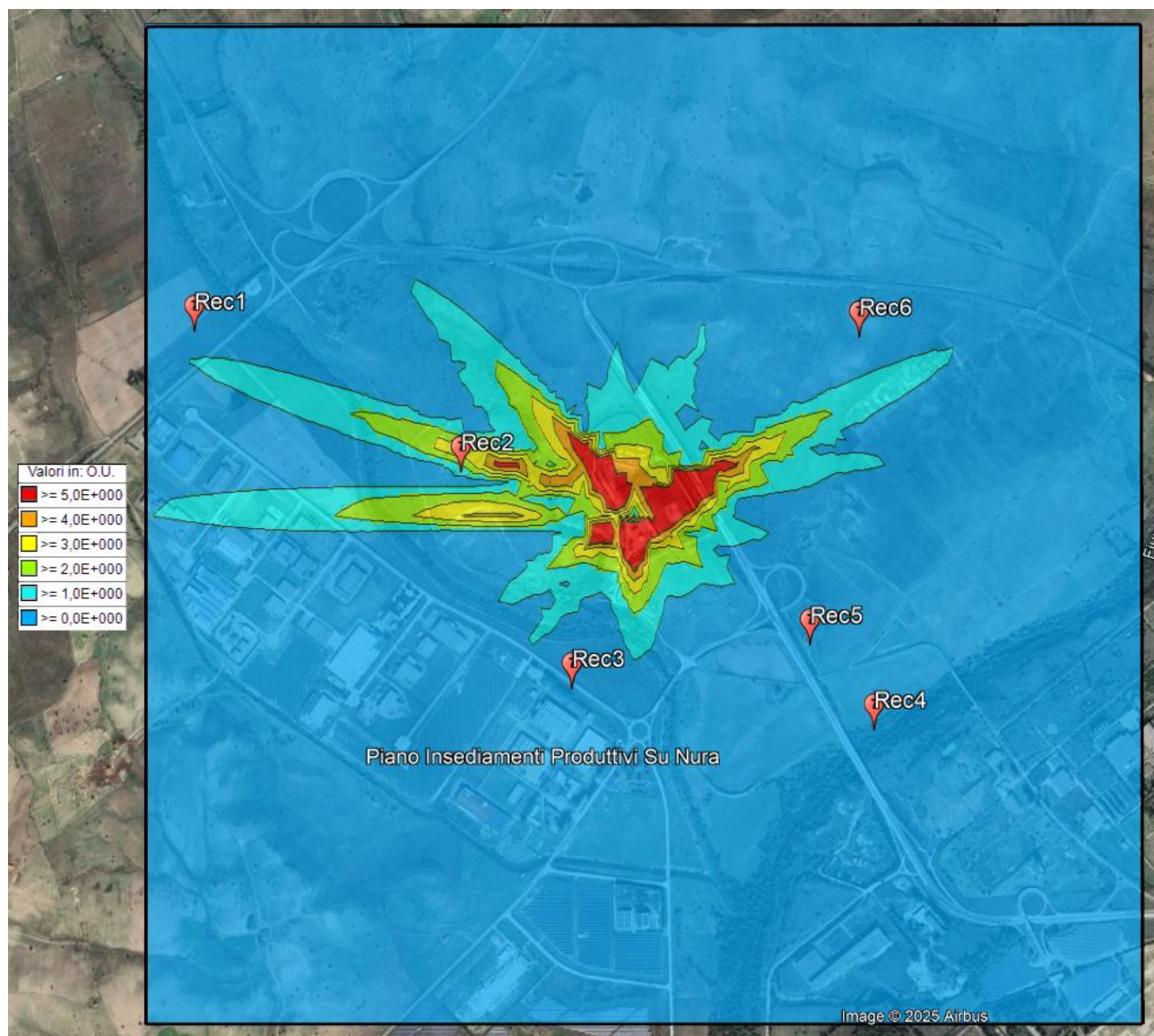


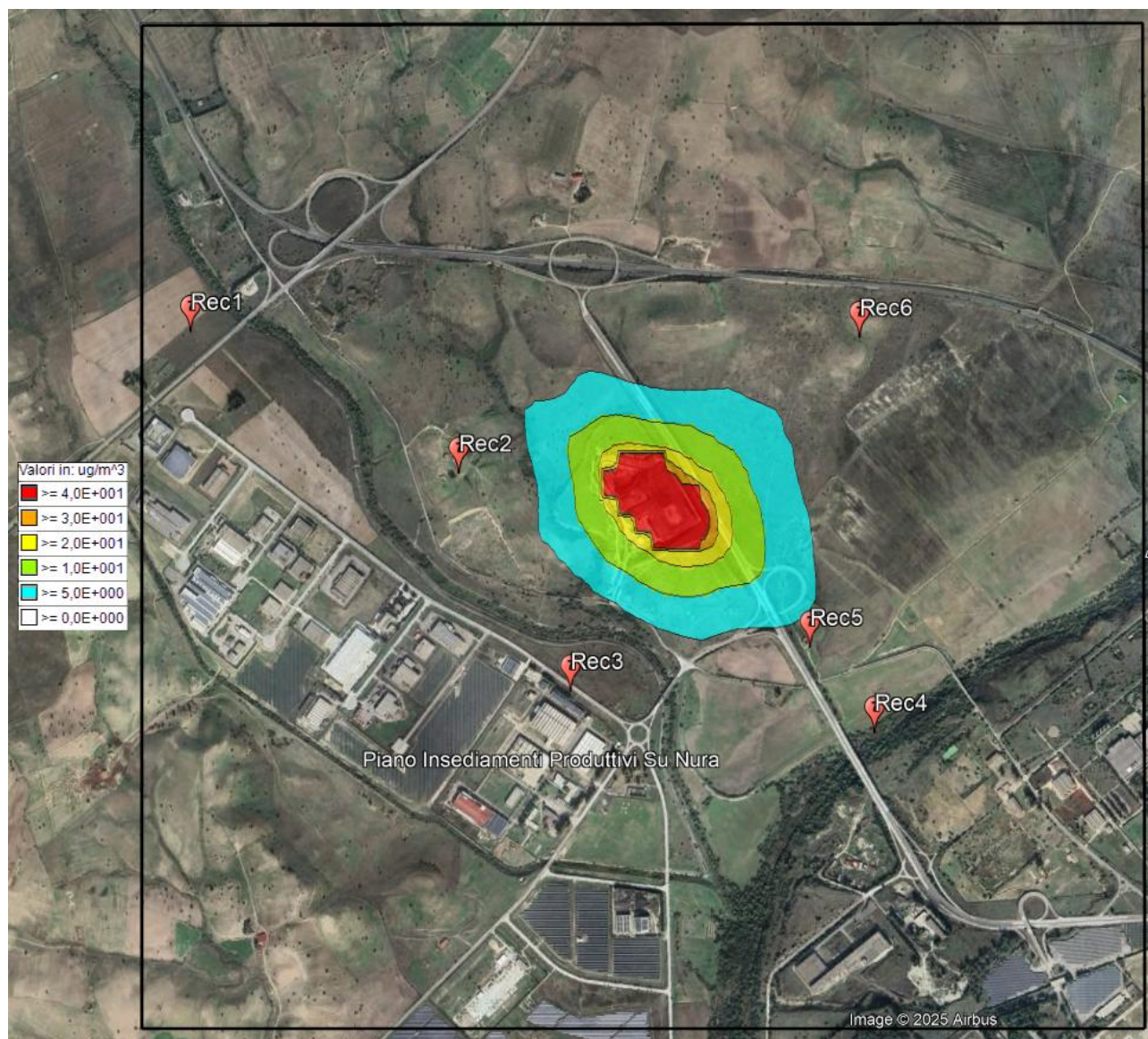


Odori (2020) in OUE/m³

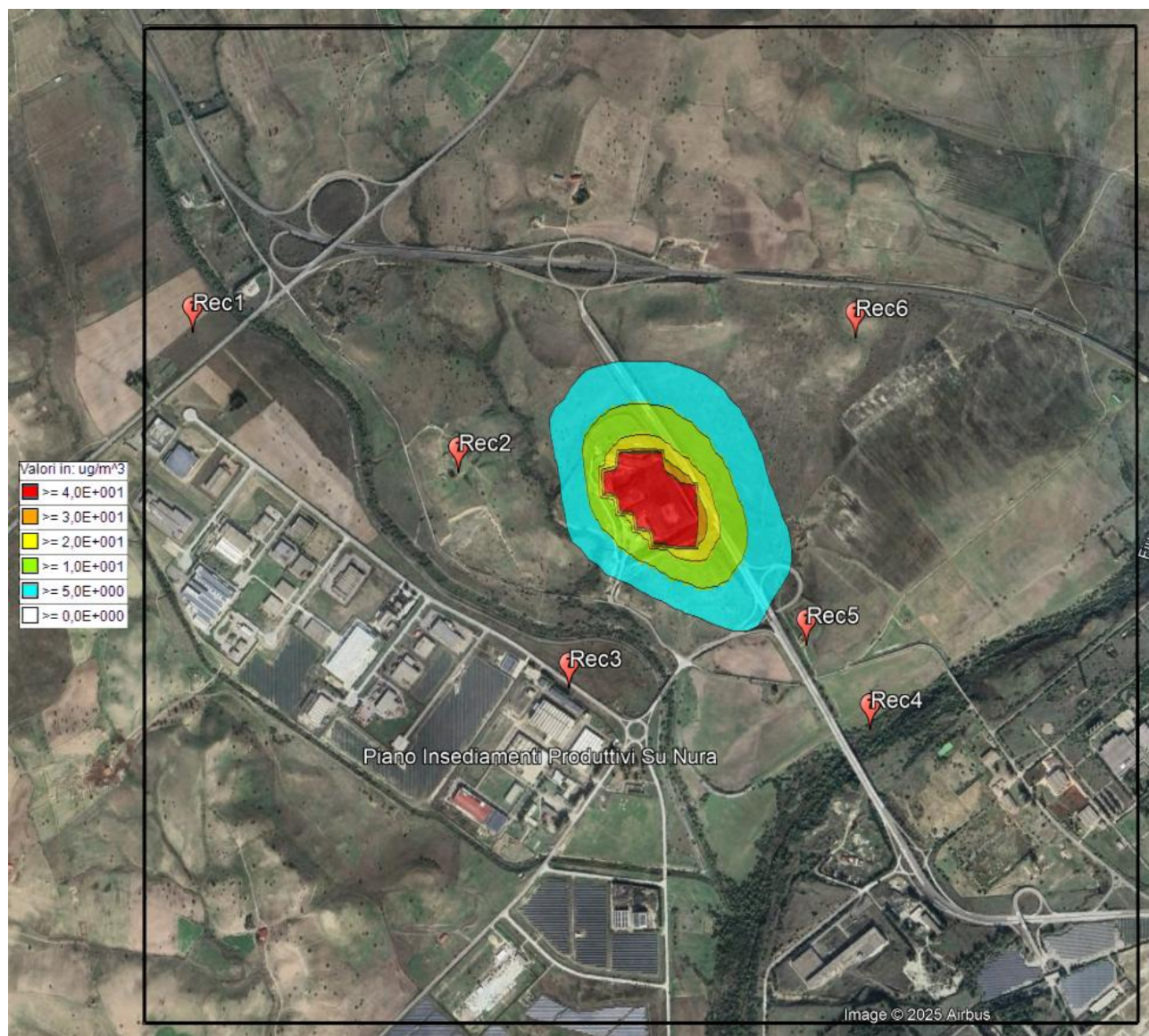
Odori (2021) in OUE/m<sup>3</sup>



Odori (2022) in OUE/m<sup>3</sup>

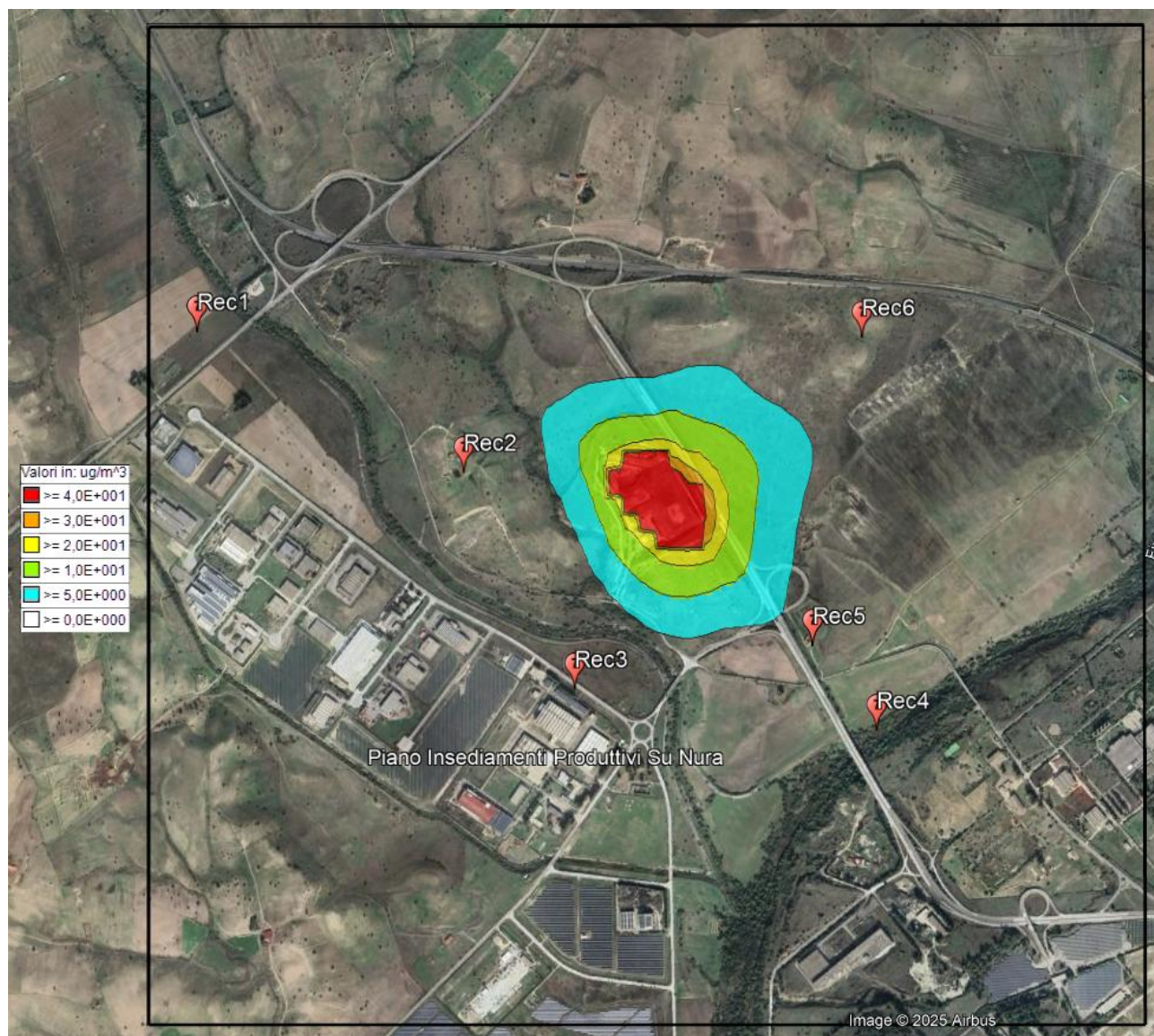
**Concentrazioni annuali di PM10 (2020) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**





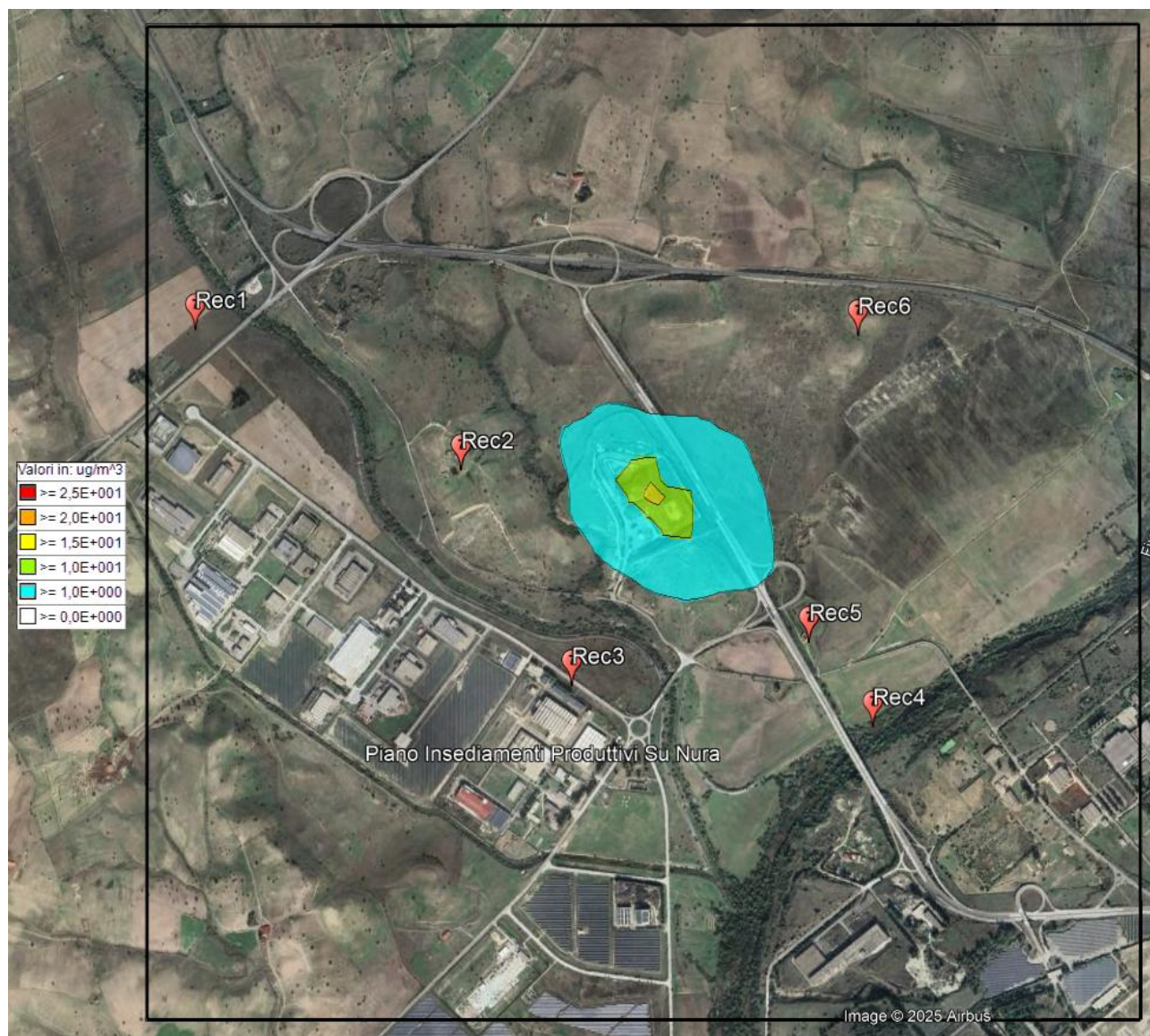
**Concentrazioni annuali di PM10 (2021) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**





**Concentrazioni annuali di PM10 (2022) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (NON SI RILEVANO SUPERAMENTI DEL LIMITE DI 1 GIORNO)**



Concentrazioni annuali di PM2.5 (2020) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



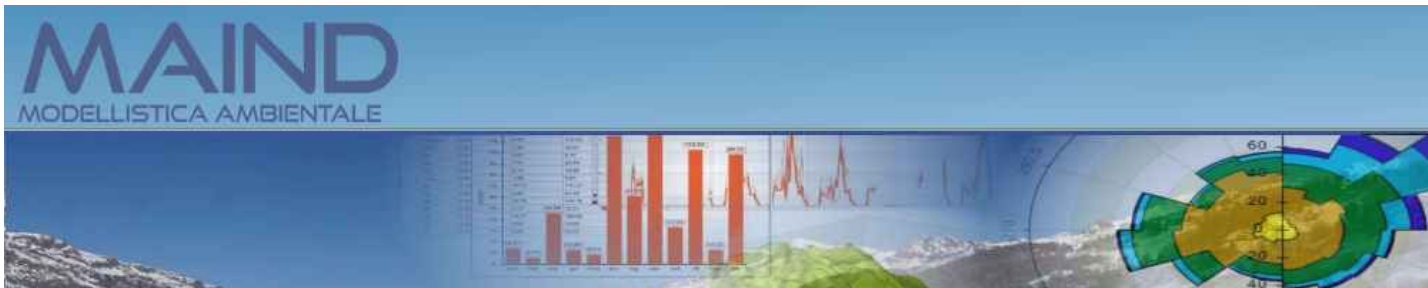
**Concentrazioni annuali di PM2.5 (2021) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**





**Concentrazioni annuali di PM2.5 (2022) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**



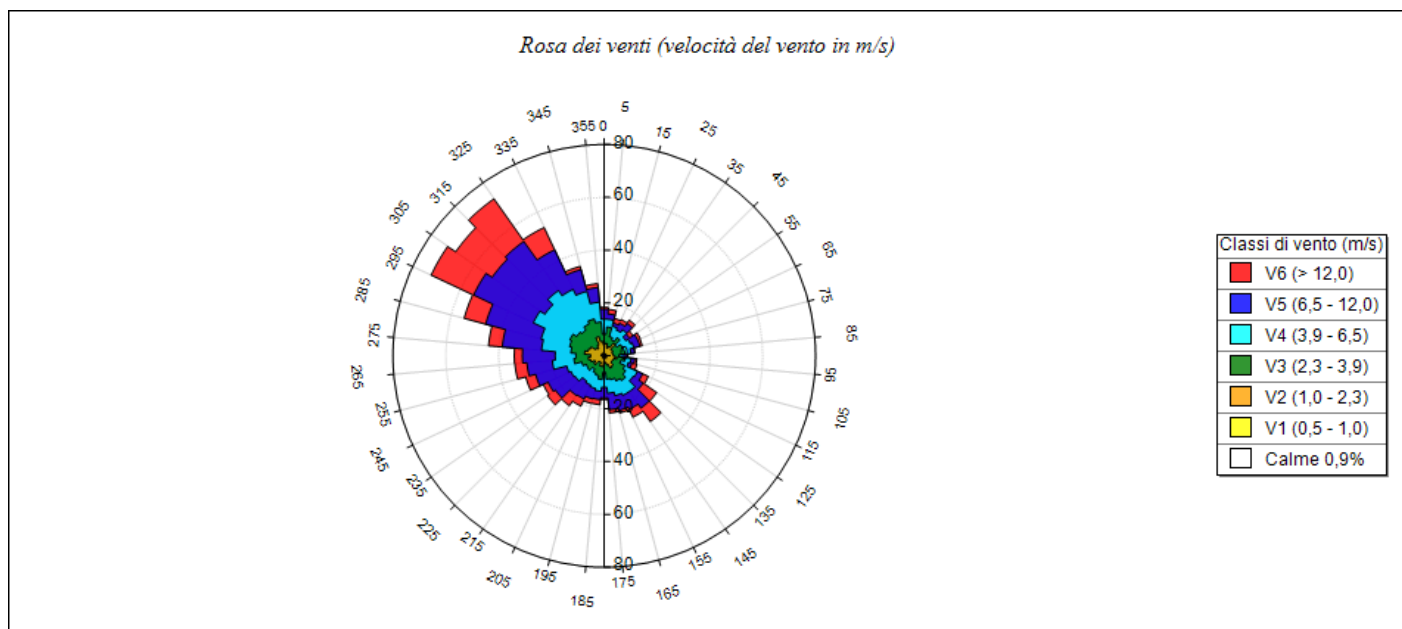


Rapporto generato dal software [MMS WinDimula](#) prodotto da Maind S.r.l. (11/04/2025)

#### Informazioni di base

Elemento	Valore
Tipologia dati meteorologici	WinDimula file meteorologico stazione al suolo
Nome del file	C:\Users\ingso\OneDrive\Documenti\Studio\ARTStudio-SmartSOA\Barbagia Ambiente\2025\dati meteo Coronasa bentosas 2020.met
Periodo dei dati	01/01/2020 00:00:00 <-> 31/12/2020 23:00:00
Ore totali	8784
Valore limite per determinare le calme di vento	0,5 (m/s)
Rosa dei venti fattore di normalizzazione	1000
Stazione	
Posizione della stazione di misura	
File con i dati utilizzati	<a href="#">C:\ProgramData\Maind\MMS.WinDimula\Lib\meteodata.txt</a>

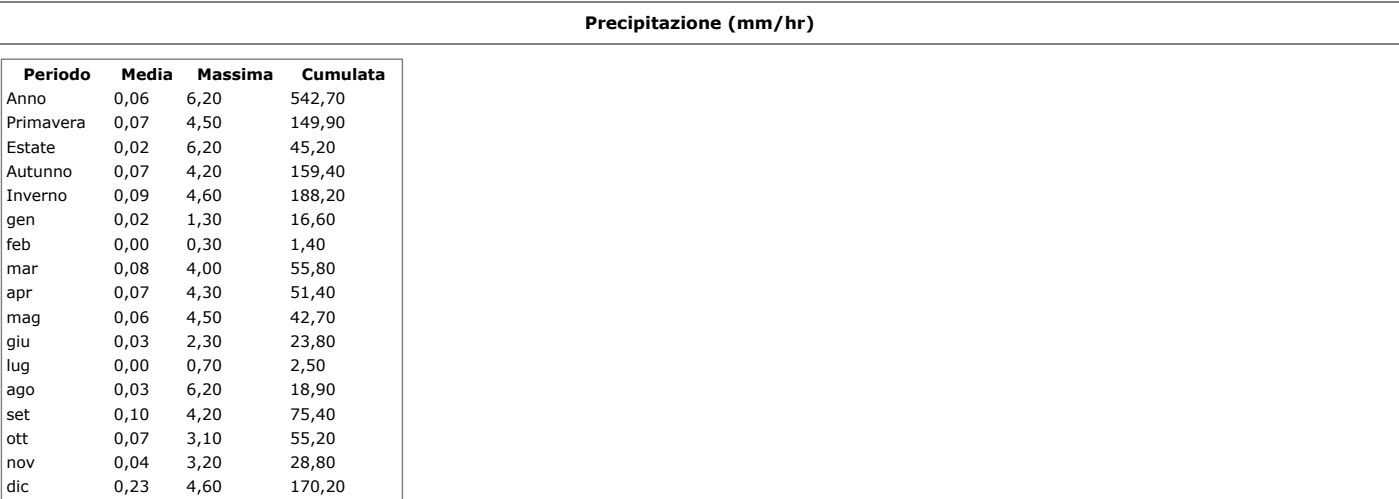
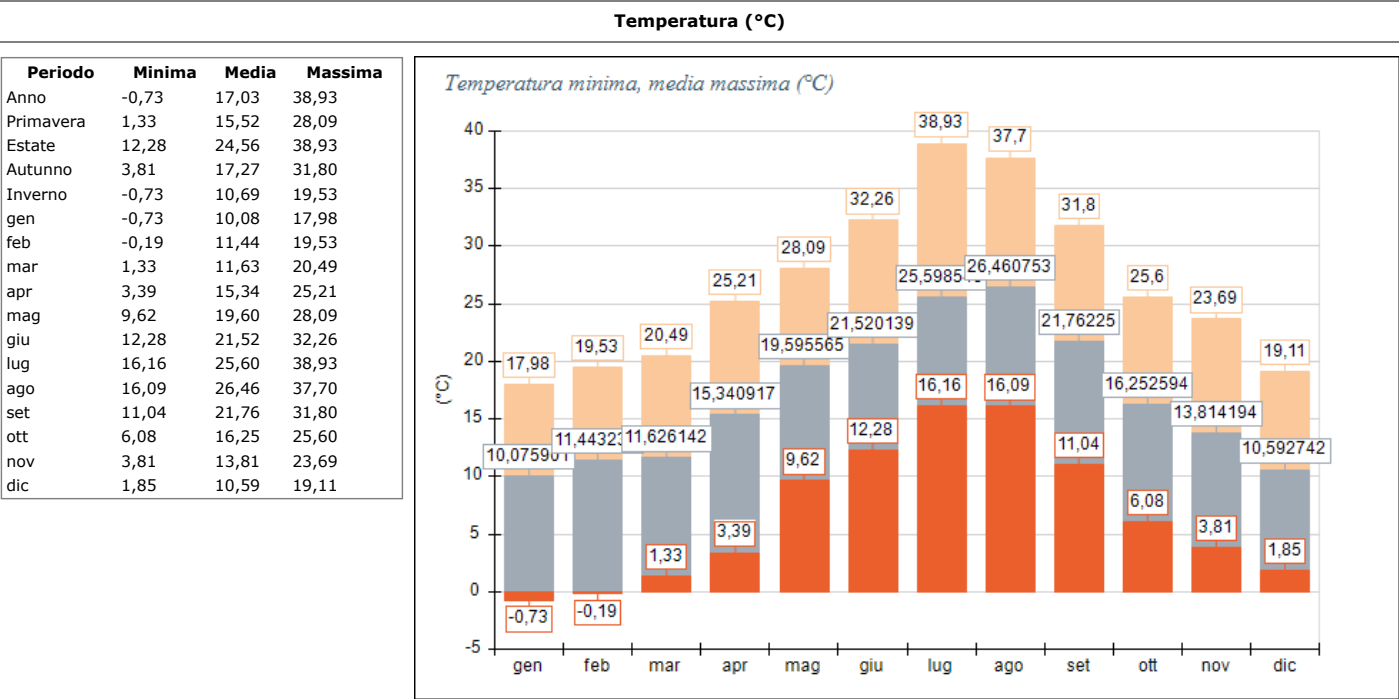
#### Rosa dei venti



SECTORS	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	0,57	3,64	3,98	5,69	3,76	0,68	18,33	4,98
5,0 - 15,0	0,80	3,98	6,15	2,96	2,05	1,71	17,65	4,89
15,0 - 25,0	0,46	2,73	4,33	4,10	1,25	1,82	14,69	5,47
25,0 - 35,0	0,23	3,64	2,73	4,21	2,85	1,48	15,14	5,69
35,0 - 45,0	1,02	4,90	2,50	3,64	2,96	1,48	16,51	5,05
45,0 - 55,0	0,57	2,85	2,39	4,21	1,71	1,59	13,32	5,60
55,0 - 65,0	0,68	2,96	3,87	3,42	3,07	1,14	15,14	5,28
65,0 - 75,0	0,46	2,73	4,55	3,87	2,39	0,91	14,91	4,95
75,0 - 85,0	0,91	2,39	4,55	2,28	1,37	0,23	11,73	3,82
85,0 - 95,0	0,68	2,96	1,94	1,82	1,48	0,11	8,99	4,00
95,0 - 105,0	1,14	3,76	3,07	2,28	1,37	0,80	12,41	4,23
105,0 - 115,0	0,46	3,30	2,73	2,96	1,37	1,94	12,75	5,90
115,0 - 125,0	0,68	2,85	5,12	5,24	2,16	2,39	18,44	6,33
125,0 - 135,0	0,80	2,73	6,38	3,53	4,55	6,26	24,25	8,61
135,0 - 145,0	1,14	3,64	6,60	5,12	7,63	6,26	30,40	7,38
145,0 - 155,0	0,80	4,33	5,35	6,03	5,81	3,30	25,61	6,06
155,0 - 165,0	0,80	2,85	5,69	6,26	5,81	1,02	22,43	5,56
165,0 - 175,0	0,57	2,16	6,15	5,35	6,26	1,25	21,74	5,75
175,0 - 185,0	0,11	1,94	4,21	5,69	3,98	0,57	16,51	5,10
185,0 - 195,0	0,91	3,19	4,90	4,44	3,19	1,94	18,56	5,15
195,0 - 205,0	0,68	3,42	3,76	4,90	4,10	1,82	18,67	5,67
205,0 - 215,0	0,34	2,39	4,55	4,90	5,81	2,96	20,95	6,68
215,0 - 225,0	1,02	1,82	3,30	5,46	6,72	4,67	23,00	7,69
225,0 - 235,0	0,68	4,10	2,96	5,69	9,11	3,64	26,18	6,90
235,0 - 245,0	0,46	3,53	3,53	6,38	9,56	2,05	25,50	6,49

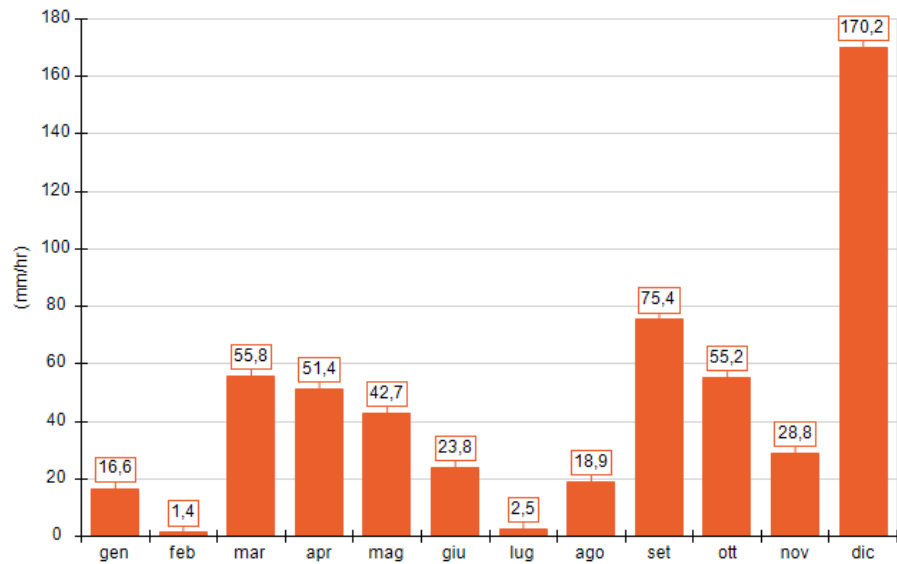
SECTORS	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
245,0 - 255,0	0,68	4,67	3,42	5,92	12,18	3,87	30,74	7,05
255,0 - 265,0	0,57	5,46	5,46	8,20	9,68	4,55	33,93	6,48
265,0 - 275,0	0,57	4,55	5,58	7,86	12,41	3,07	34,04	6,44
275,0 - 285,0	1,25	6,26	5,12	11,16	14,91	5,24	43,94	6,71
285,0 - 295,0	1,02	5,35	7,17	11,16	21,74	8,42	54,87	7,57
295,0 - 305,0	1,14	4,78	8,42	15,26	24,93	17,76	72,29	8,44
305,0 - 315,0	1,14	2,96	8,65	14,69	24,36	16,85	68,65	8,57
315,0 - 325,0	0,68	2,85	8,42	18,21	22,77	19,69	72,63	8,91
325,0 - 335,0	1,14	3,53	8,65	14,46	16,51	9,34	53,62	7,60
335,0 - 345,0	0,91	6,60	6,94	10,82	8,54	1,25	35,06	5,33
345,0 - 355,0	0,68	4,78	7,40	7,51	5,58	1,48	27,44	5,23
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	8,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,99	0,00
Totale	35,75	130,58	180,56	235,66	273,91	143,56	1000,00	0,00

Statistiche Velocità del vento (m/s)		
Param.	Valore	
Dati validi	8784,00	
Min.	0,00	
Med.	6,72	
Max.	29,43	
Moda	0,81	
5° Perc.	1,20	
25° Perc.	3,05	
50° Perc,	5,51	
75° Perc.	9,62	
95° Perc.	16,03	
% Calme	0,90	



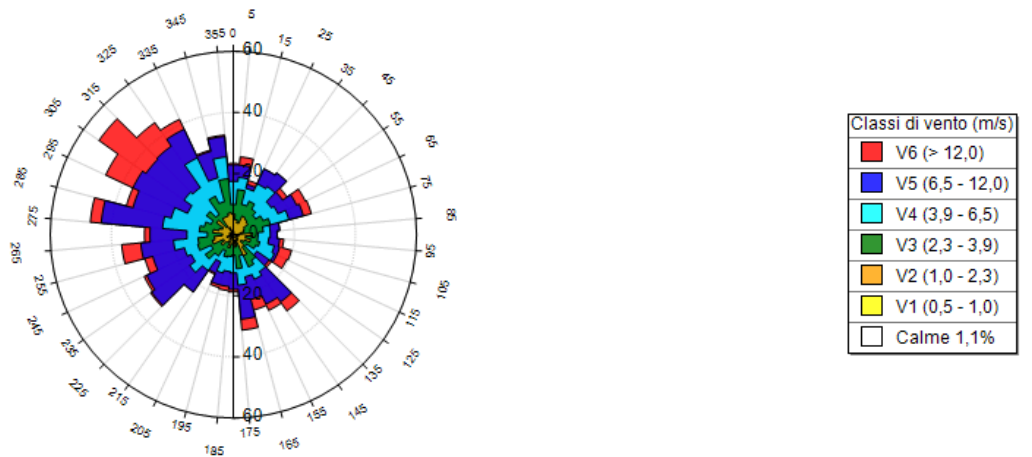
Precipitazione (mm/hr)

Precipitazione cumulata (mm/hr)



Rose dei venti stagionali

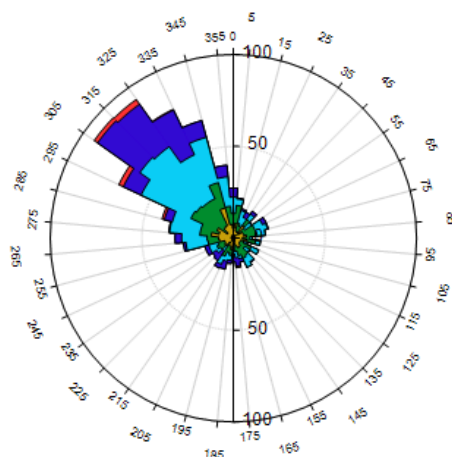
Rosa dei venti (velocità del vento in m/s): Primavera



Primavera	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	0,00	6,72	3,14	7,62	5,38	0,45	23,30	4,92
5,0 - 15,0	0,90	4,03	9,86	4,03	4,03	2,69	25,54	5,48
15,0 - 25,0	0,45	3,58	6,27	5,38	1,34	1,34	18,37	4,46
25,0 - 35,0	0,45	6,27	5,38	6,27	5,38	0,00	23,75	4,44
35,0 - 45,0	0,45	5,82	4,03	8,96	5,38	0,00	24,64	4,57
45,0 - 55,0	0,00	5,82	3,14	6,27	4,48	1,79	21,51	5,51
55,0 - 65,0	0,45	3,58	6,72	5,38	6,72	3,14	25,99	6,43
65,0 - 75,0	0,45	3,14	8,96	6,27	4,93	2,69	26,43	5,58
75,0 - 85,0	0,45	1,79	7,62	2,24	3,14	0,00	15,23	4,25
85,0 - 95,0	1,79	4,48	1,79	4,03	2,24	0,00	14,34	3,76
95,0 - 105,0	1,79	2,24	4,03	3,58	3,58	1,34	16,58	5,20
105,0 - 115,0	0,90	4,93	3,14	4,93	1,79	4,03	19,71	6,83
115,0 - 125,0	0,90	3,14	4,03	6,72	0,90	3,58	19,27	6,85
125,0 - 135,0	1,79	1,34	2,24	4,03	4,93	0,90	15,23	5,94
135,0 - 145,0	2,24	2,69	5,38	4,48	12,10	3,58	30,47	6,93
145,0 - 155,0	0,90	6,72	4,03	4,48	8,96	2,24	27,33	6,07
155,0 - 165,0	0,00	1,79	5,38	7,17	7,62	3,58	25,54	7,14
165,0 - 175,0	0,45	3,58	7,17	5,38	11,20	3,58	31,36	7,09
175,0 - 185,0	0,45	1,34	4,93	5,82	5,38	0,90	18,82	5,35
185,0 - 195,0	1,79	1,34	4,03	4,93	4,93	1,34	18,37	5,40
195,0 - 205,0	0,45	4,03	3,14	5,38	4,03	0,90	17,92	5,26
205,0 - 215,0	0,00	2,24	3,58	4,03	4,03	0,45	14,34	5,31
215,0 - 225,0	1,79	1,34	5,38	5,82	8,51	0,00	22,85	5,56
225,0 - 235,0	0,90	4,03	6,27	6,27	15,23	0,45	33,15	5,92
235,0 - 245,0	0,90	2,69	4,48	7,17	16,13	0,90	32,26	6,88
245,0 - 255,0	2,24	4,93	4,93	4,48	10,75	2,69	30,02	6,06
255,0 - 265,0	0,90	5,38	5,38	8,06	10,75	6,27	36,74	6,88
265,0 - 275,0	0,45	3,14	4,93	6,72	12,10	1,79	29,12	6,38
275,0 - 285,0	1,34	5,38	4,48	12,10	20,16	3,58	47,04	6,60
285,0 - 295,0	1,34	3,58	4,93	11,20	12,99	2,24	36,29	6,20
295,0 - 305,0	0,90	3,14	4,03	8,51	19,71	9,86	46,15	8,18
305,0 - 315,0	0,90	5,82	4,03	8,96	15,23	18,82	53,76	8,99

Primavera	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
315,0 - 325,0	0,00	3,14	4,93	10,75	16,58	9,41	44,80	8,21
325,0 - 335,0	2,69	3,58	7,62	13,89	10,30	3,58	41,67	5,87
335,0 - 345,0	1,34	4,93	4,93	8,06	8,96	0,45	28,67	5,39
345,0 - 355,0	0,90	6,27	11,20	7,17	6,72	0,45	32,71	4,54
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	10,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,75	0,00
Totale	44,35	137,99	185,48	236,56	296,59	99,01	1000,00	0,00

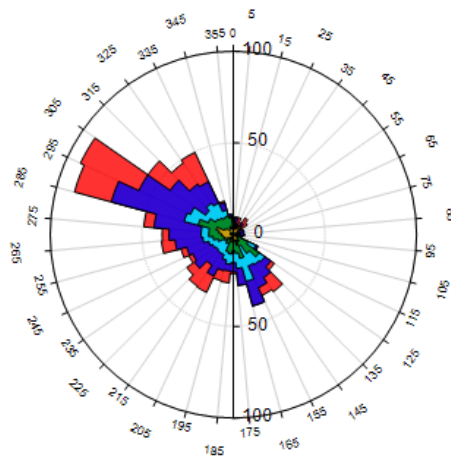
*Rosa dei venti (velocità del vento in m/s): Estate*



Classi di vento (m/s)	
<span style="color: red;">■</span>	V6 (> 12,0)
<span style="color: blue;">■</span>	V5 (6,5 - 12,0)
<span style="color: cyan;">■</span>	V4 (3,9 - 6,5)
<span style="color: green;">■</span>	V3 (2,3 - 3,9)
<span style="color: orange;">■</span>	V2 (1,0 - 2,3)
<span style="color: yellow;">■</span>	V1 (0,5 - 1,0)
<span style="color: gray;">■</span>	Calme 1,3%

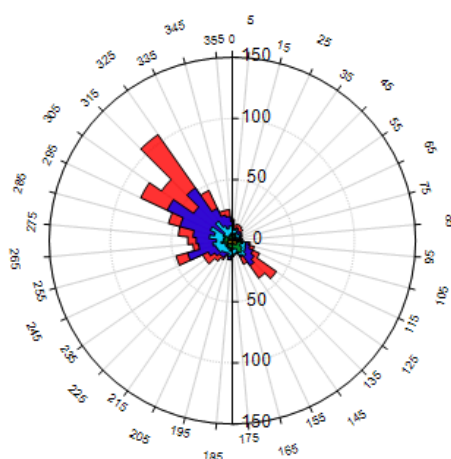
Estate	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	1,34	4,03	8,06	8,96	4,93	0,00	27,33	4,20
5,0 - 15,0	1,79	6,27	9,86	3,58	0,45	0,00	21,95	2,89
15,0 - 25,0	0,00	4,03	4,48	7,17	0,90	0,00	16,58	3,72
25,0 - 35,0	0,45	3,14	3,58	5,38	3,14	0,00	15,68	4,32
35,0 - 45,0	2,24	6,27	4,03	3,58	1,79	0,00	17,92	3,12
45,0 - 55,0	0,90	2,24	4,48	4,48	0,45	0,00	12,54	3,60
55,0 - 65,0	0,45	5,38	6,72	4,93	2,24	0,00	19,71	3,79
65,0 - 75,0	0,45	5,38	6,72	6,72	0,45	0,00	19,71	3,54
75,0 - 85,0	0,90	6,27	5,82	4,48	0,00	0,00	17,47	2,93
85,0 - 95,0	0,00	4,93	4,03	1,34	0,00	0,00	10,30	2,46
95,0 - 105,0	0,90	6,72	4,48	2,69	0,00	0,00	14,78	2,59
105,0 - 115,0	0,45	3,58	1,79	2,24	0,00	0,00	8,06	2,71
115,0 - 125,0	0,90	3,14	6,72	4,48	0,00	0,00	15,23	3,18
125,0 - 135,0	0,00	4,03	3,58	3,14	0,45	0,00	11,20	3,13
135,0 - 145,0	1,34	4,03	5,82	4,48	0,45	0,00	16,13	3,13
145,0 - 155,0	1,34	4,48	6,27	5,38	0,00	0,00	17,47	3,10
155,0 - 165,0	2,24	2,24	5,38	1,79	1,79	0,00	13,44	3,51
165,0 - 175,0	1,79	0,90	4,48	3,58	4,48	0,90	16,13	5,00
175,0 - 185,0	0,00	1,79	2,24	4,48	4,48	0,00	12,99	5,15
185,0 - 195,0	1,34	4,93	3,14	2,69	1,79	0,00	13,89	3,23
195,0 - 205,0	1,79	2,69	3,58	4,93	4,48	0,00	17,47	4,44
205,0 - 215,0	0,00	4,48	6,27	4,93	2,24	0,00	17,92	3,91
215,0 - 225,0	1,34	1,34	2,24	3,58	6,27	0,00	14,78	5,77
225,0 - 235,0	0,45	5,38	2,69	2,69	0,00	0,00	13,89	3,90
235,0 - 245,0	0,90	4,03	4,93	4,03	2,24	0,00	16,13	3,95
245,0 - 255,0	0,00	4,93	3,58	5,38	2,24	0,00	16,13	4,19
255,0 - 265,0	0,45	7,17	6,27	12,10	1,34	0,00	27,33	3,89
265,0 - 275,0	0,45	7,62	6,27	13,89	3,58	0,00	31,81	4,04
275,0 - 285,0	1,34	10,75	6,27	16,58	0,45	0,00	35,39	3,50
285,0 - 295,0	1,34	6,72	10,30	16,13	4,48	1,34	40,32	4,49
295,0 - 305,0	0,90	8,96	15,68	30,02	10,75	2,69	69,00	5,01
305,0 - 315,0	0,90	3,14	20,61	37,63	28,23	2,24	92,74	6,02
315,0 - 325,0	1,34	5,82	16,58	37,19	28,23	3,14	92,29	5,86
325,0 - 335,0	0,90	6,72	16,13	26,43	26,88	0,45	77,51	5,67
335,0 - 345,0	1,79	15,23	14,34	25,54	9,41	0,00	66,31	4,31
345,0 - 355,0	0,90	6,72	9,86	16,13	6,27	0,00	39,87	4,31
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	12,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,54	0,00
Totale	46,15	185,48	247,31	342,74	167,56	10,75	1000,00	0,00

Rosa dei venti (velocità del vento in m/s): Autunno



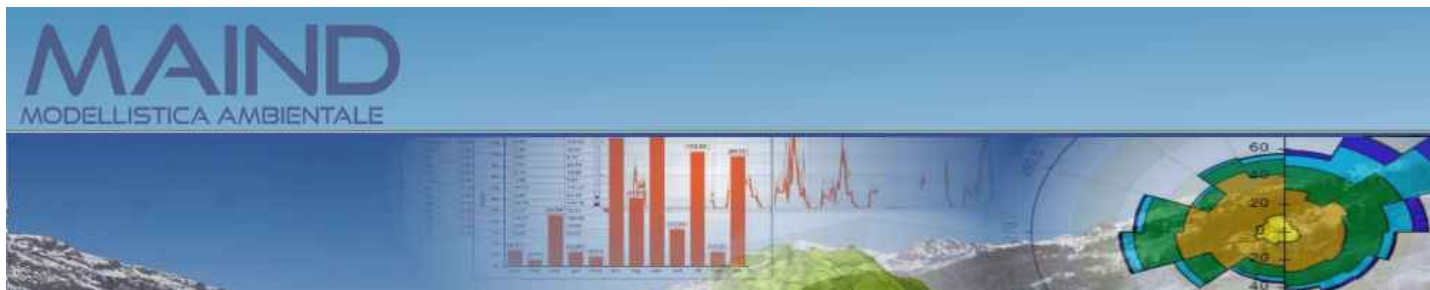
Autunno	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	0,00	1,39	1,85	0,00	0,93	0,46	4,63	5,22
5,0 - 15,0	0,46	4,17	1,39	0,00	3,24	0,46	9,72	5,10
15,0 - 25,0	0,46	2,78	1,39	0,00	1,85	3,24	9,72	9,42
25,0 - 35,0	0,00	4,17	0,00	0,46	0,93	1,85	7,41	7,96
35,0 - 45,0	0,93	5,09	0,00	0,00	1,85	3,24	11,11	7,42
45,0 - 55,0	0,93	1,85	0,46	0,93	0,93	4,17	9,26	9,29
55,0 - 65,0	0,46	0,46	1,39	0,46	1,85	0,93	5,56	6,60
65,0 - 75,0	0,00	0,93	0,93	1,39	2,31	0,46	6,02	6,62
75,0 - 85,0	0,93	0,93	1,39	0,93	1,39	0,00	5,56	4,12
85,0 - 95,0	0,46	0,93	0,93	0,93	2,78	0,00	6,02	6,13
95,0 - 105,0	0,93	1,39	0,46	0,46	0,00	0,00	3,24	2,07
105,0 - 115,0	0,46	0,93	2,31	0,93	0,00	0,00	4,63	2,94
115,0 - 125,0	0,00	2,78	6,02	4,63	1,39	0,00	14,81	3,93
125,0 - 135,0	0,46	1,85	14,81	3,70	4,17	2,31	27,31	5,42
135,0 - 145,0	0,00	4,63	7,87	7,41	8,80	9,26	37,96	7,81
145,0 - 155,0	0,93	2,31	3,70	12,04	12,96	4,63	36,57	7,19
155,0 - 165,0	0,93	5,09	7,41	12,96	13,89	0,00	40,28	5,72
165,0 - 175,0	0,00	3,24	6,94	8,33	9,26	0,00	27,78	5,40
175,0 - 185,0	0,00	1,39	7,41	6,48	5,09	0,93	21,30	5,40
185,0 - 195,0	0,46	3,24	6,94	5,56	3,70	6,48	26,39	6,74
195,0 - 205,0	0,46	3,70	5,56	4,63	6,02	5,56	25,93	7,01
205,0 - 215,0	0,93	0,46	3,70	6,94	12,96	9,72	34,72	8,94
215,0 - 225,0	0,46	2,78	2,78	6,02	8,33	13,89	34,26	9,40
225,0 - 235,0	0,93	1,39	1,85	7,41	14,35	5,09	31,02	8,05
235,0 - 245,0	0,00	3,70	1,85	6,94	12,04	2,31	26,85	6,56
245,0 - 255,0	0,00	5,09	3,70	5,09	12,50	3,24	29,63	6,84
255,0 - 265,0	0,00	5,56	5,56	5,56	15,28	7,41	39,35	7,34
265,0 - 275,0	1,39	5,09	6,94	4,17	17,59	3,70	38,89	6,67
275,0 - 285,0	1,85	6,02	5,56	4,17	25,93	5,56	49,07	7,27
285,0 - 295,0	0,93	8,80	10,19	7,87	41,20	20,83	89,81	8,83
295,0 - 305,0	1,39	4,17	9,72	10,65	31,02	35,19	92,13	10,12
305,0 - 315,0	2,31	2,31	7,41	6,48	23,61	14,81	56,94	8,94
315,0 - 325,0	1,39	1,85	7,87	9,72	12,96	13,89	47,69	8,68
325,0 - 335,0	0,93	2,31	6,94	8,80	12,96	17,59	49,54	9,08
335,0 - 345,0	0,46	4,17	6,02	3,24	4,17	0,93	18,98	4,82
345,0 - 355,0	0,93	2,31	6,02	0,46	1,39	0,00	11,11	3,53
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	8,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,80	0,00
Totale	31,94	109,26	165,28	165,74	329,63	198,15	1000,00	0,00

Rosa dei venti (velocità del vento in m/s): Inverno



Classi di vento (m/s)	
V6 (> 12,0)	
V5 (6,5 - 12,0)	
V4 (3,9 - 6,5)	
V3 (2,3 - 3,9)	
V2 (1,0 - 2,3)	
V1 (0,5 - 1,0)	
Calme 0,4%	

Inverno	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	0,93	2,31	2,78	6,02	3,70	1,85	17,59	6,27
5,0 - 15,0	0,00	1,39	3,24	4,17	0,46	3,70	12,96	7,03
15,0 - 25,0	0,93	0,46	5,09	3,70	0,93	2,78	13,89	6,25
25,0 - 35,0	0,00	0,93	1,85	4,63	1,85	4,17	13,43	8,36
35,0 - 45,0	0,46	2,31	1,85	1,85	2,78	2,78	12,04	6,87
45,0 - 55,0	0,46	1,39	1,39	5,09	0,93	0,46	9,72	4,93
55,0 - 65,0	1,39	2,31	0,46	2,78	1,39	0,46	8,80	4,38
65,0 - 75,0	0,93	1,39	1,39	0,93	1,85	0,46	6,94	5,17
75,0 - 85,0	1,39	0,46	3,24	1,39	0,93	0,93	8,33	4,70
85,0 - 95,0	0,46	1,39	0,93	0,93	0,93	0,46	5,09	5,42
95,0 - 105,0	0,93	4,63	3,24	2,31	1,85	1,85	14,81	5,27
105,0 - 115,0	0,00	3,70	3,70	3,70	3,70	3,70	18,52	7,04
115,0 - 125,0	0,93	2,31	3,70	5,09	6,48	6,02	24,54	9,39
125,0 - 135,0	0,93	3,70	5,09	3,24	8,80	22,22	43,98	12,98
135,0 - 145,0	0,93	3,24	7,41	4,17	9,26	12,50	37,50	9,23
145,0 - 155,0	0,00	3,70	7,41	2,31	1,39	6,48	21,30	6,60
155,0 - 165,0	0,00	2,31	4,63	3,24	0,00	0,46	10,65	3,68
165,0 - 175,0	0,00	0,93	6,02	4,17	0,00	0,46	11,57	3,91
175,0 - 185,0	0,00	3,24	2,31	6,02	0,93	0,46	12,96	4,21
185,0 - 195,0	0,00	3,24	5,56	4,63	2,31	0,00	15,74	3,96
195,0 - 205,0	0,00	3,24	2,78	4,63	1,85	0,93	13,43	5,31
205,0 - 215,0	0,46	2,31	4,63	3,70	4,17	1,85	17,13	6,30
215,0 - 225,0	0,46	1,85	2,78	6,48	3,70	5,09	20,37	8,74
225,0 - 235,0	0,46	5,56	0,93	6,48	4,17	9,26	26,85	8,40
235,0 - 245,0	0,00	3,70	2,78	7,41	7,87	5,09	26,85	7,52
245,0 - 255,0	0,46	3,70	1,39	8,80	23,61	9,72	47,69	8,83
255,0 - 265,0	0,93	3,70	4,63	6,94	11,57	4,63	32,41	7,23
265,0 - 275,0	0,00	2,31	4,17	6,48	16,67	6,94	36,57	8,41
275,0 - 285,0	0,46	2,78	4,17	11,57	13,43	12,04	44,44	8,85
285,0 - 295,0	0,46	2,31	3,24	9,26	29,17	9,72	54,17	8,78
295,0 - 305,0	1,39	2,78	4,17	11,57	38,89	24,07	82,87	9,69
305,0 - 315,0	0,46	0,46	2,31	5,09	30,56	31,94	70,83	11,40
315,0 - 325,0	0,00	0,46	4,17	14,81	33,33	53,24	106,02	12,07
325,0 - 335,0	0,00	1,39	3,70	8,33	15,74	16,20	45,37	11,01
335,0 - 345,0	0,00	1,85	2,31	6,02	11,57	3,70	25,46	8,37
345,0 - 355,0	0,00	3,70	2,31	6,02	7,87	5,56	25,46	8,39
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00
Totale	19,91	87,50	121,76	193,98	304,63	272,22	1000,00	0,00

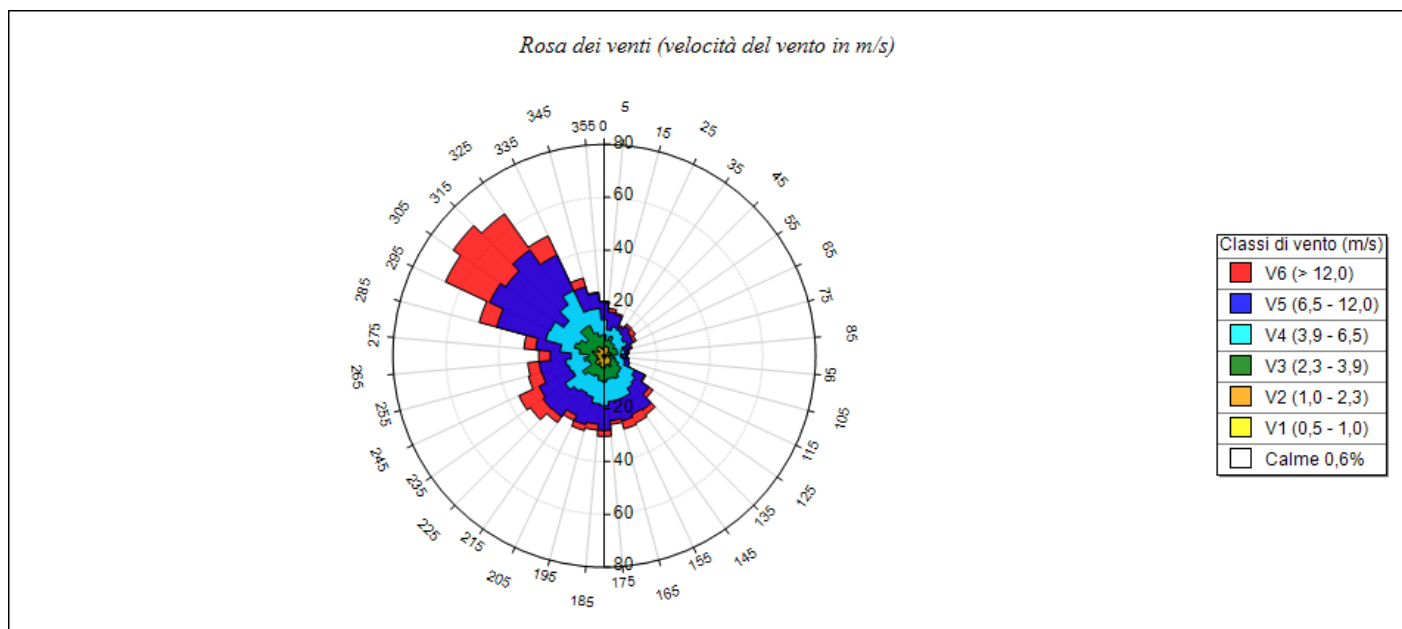


Rapporto generato dal software [MMS WinDimula](#) prodotto da Maind S.r.l. (11/04/2025)

#### Informazioni di base

Elemento	Valore
Tipologia dati meteorologici	WinDimula file meteorologico stazione al suolo
Nome del file	C:\Users\ingso\OneDrive\Documenti\Studio\ARTStudio-SmartSOA\Barbagia Ambiente\2025\dati meteo Coronasa bentosas 2021.met
Periodo dei dati	01/01/2021 00:00:00 <-> 31/12/2021 23:00:00
Ore totali	8760
Valore limite per determinare le calme di vento	0,5 (m/s)
Rosa dei venti fattore di normalizzazione	1000
Stazione	
Posizione della stazione di misura	
File con i dati utilizzati	<a href="#">C:\ProgramData\Maind\MMS.WinDimula\Lib\meteodata.txt</a>

#### Rosa dei venti



SECTORS	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	0,46	2,85	4,68	5,71	6,74	0,23	20,66	5,22
5,0 - 15,0	0,80	2,85	2,28	4,00	6,74	1,37	18,04	6,15
15,0 - 25,0	0,46	3,20	4,11	3,77	4,57	0,68	16,78	5,31
25,0 - 35,0	0,23	2,97	2,28	5,48	1,37	0,68	13,01	4,74
35,0 - 45,0	0,46	2,05	3,08	4,68	3,42	1,03	14,73	5,42
45,0 - 55,0	0,11	1,26	3,08	4,45	3,65	1,83	14,38	6,64
55,0 - 65,0	0,80	1,14	3,31	4,45	2,51	1,14	13,36	5,48
65,0 - 75,0	0,91	1,94	2,28	2,40	2,85	0,57	10,96	5,23
75,0 - 85,0	0,46	1,94	2,85	2,74	1,26	0,23	9,47	4,13
85,0 - 95,0	0,23	0,80	1,94	3,31	2,05	0,34	8,68	5,17
95,0 - 105,0	0,11	1,60	2,05	3,88	1,60	0,11	9,36	4,56
105,0 - 115,0	0,46	1,71	2,40	3,54	1,83	0,00	9,93	4,37
115,0 - 125,0	0,23	2,74	3,08	6,62	4,11	0,57	17,35	5,15
125,0 - 135,0	0,57	2,51	4,79	6,39	6,39	1,83	22,49	5,89
135,0 - 145,0	0,91	2,51	4,79	6,85	10,05	2,17	27,28	6,29
145,0 - 155,0	1,03	3,65	4,79	7,76	7,31	3,54	28,08	6,48
155,0 - 165,0	0,80	2,63	5,37	8,56	8,22	3,08	28,65	6,53
165,0 - 175,0	0,57	2,97	5,25	8,56	7,31	1,37	26,03	5,72
175,0 - 185,0	0,57	4,11	5,14	9,02	9,36	2,28	30,48	6,04
185,0 - 195,0	0,68	3,88	4,79	8,90	7,65	2,28	28,20	6,04
195,0 - 205,0	0,57	3,54	3,77	8,22	10,84	2,28	29,22	6,41
205,0 - 215,0	0,46	2,40	5,59	6,96	9,36	2,28	27,05	6,37
215,0 - 225,0	0,91	3,20	4,45	7,76	11,76	2,74	30,82	6,69
225,0 - 235,0	0,23	4,00	5,82	7,99	10,27	5,82	34,13	7,12
235,0 - 245,0	0,11	2,05	3,65	7,31	14,04	8,45	35,62	8,58



SECTORS	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
245,0 - 255,0	0,80	2,17	3,08	7,76	10,50	5,37	29,68	7,75
255,0 - 265,0	0,34	2,28	5,02	6,96	10,05	4,34	29,00	7,18
265,0 - 275,0	0,68	1,71	3,42	6,74	7,88	4,34	24,77	7,19
275,0 - 285,0	0,91	2,63	5,82	7,31	9,36	4,45	30,48	6,79
285,0 - 295,0	0,91	3,88	6,85	11,30	19,18	6,85	48,97	7,35
295,0 - 305,0	0,11	2,85	7,42	12,10	25,34	18,49	66,32	9,19
305,0 - 315,0	0,11	2,05	6,28	10,27	26,83	24,20	69,75	10,36
315,0 - 325,0	0,68	3,31	8,68	10,96	25,34	16,67	65,64	8,86
325,0 - 335,0	0,11	4,00	8,68	14,50	14,84	7,99	50,11	7,14
335,0 - 345,0	0,34	2,74	6,05	9,02	8,90	3,42	30,48	6,61
345,0 - 355,0	0,11	2,40	5,14	10,39	5,71	0,46	24,20	5,37
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	5,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,82	0,00
Totale	24,09	94,52	162,10	256,62	319,18	143,49	1000,00	0,00

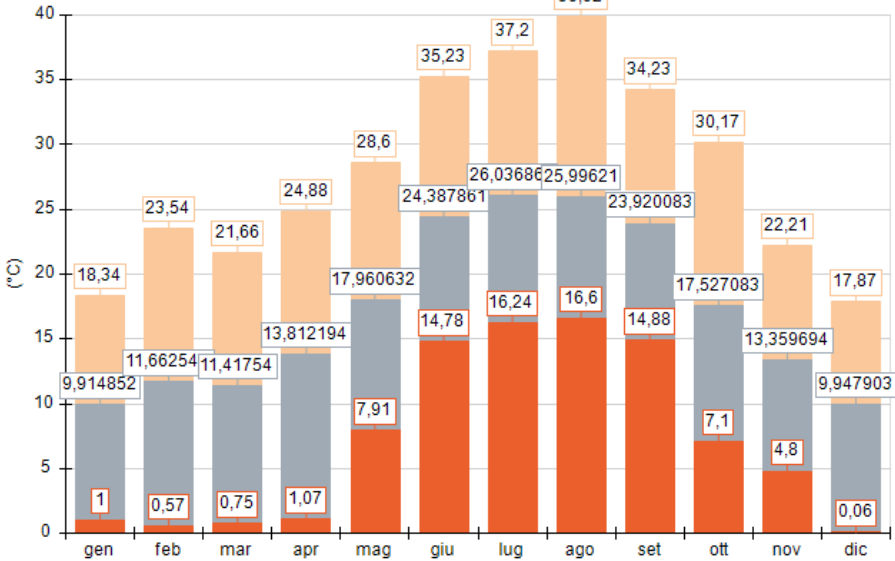
Statistiche Velocità del vento (m/s)

	Param.	Valore
Dati validi		8760,00
Min.		0,10
Med.		7,01
Max.		23,54
Moda		2,55
5° Perc.		1,43
25° Perc.		3,58
50° Perc,		6,06
75° Perc.		9,57
95° Perc.		15,77
% Calme		0,58

Temperatura (°C)

Periodo	Minima	Media	Massima
Anno	0,06	17,19	39,92
Primavera	0,75	14,40	28,60
Estate	14,78	25,49	39,92
Autunno	4,80	18,26	34,23
Inverno	0,06	10,47	23,54
gen	1,00	9,91	18,34
feb	0,57	11,66	23,54
mar	0,75	11,42	21,66
apr	1,07	13,81	24,88
mag	7,91	17,96	28,60
giu	14,78	24,39	35,23
lug	16,24	26,04	37,20
ago	16,60	26,00	39,92
set	14,88	23,92	34,23
ott	7,10	17,53	30,17
nov	4,80	13,36	22,21
dic	0,06	9,95	17,87

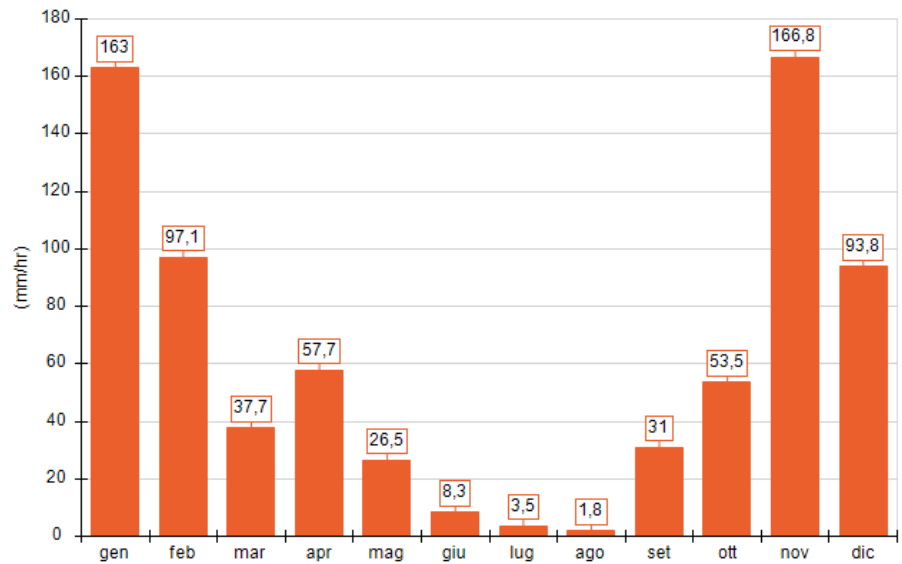
Temperatura minima, media massima (°C)



Precipitazione (mm/hr)

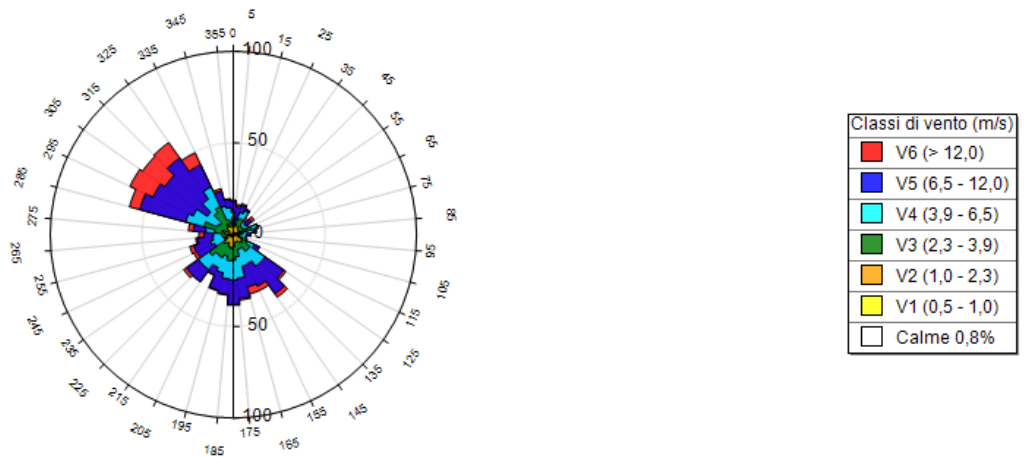
Periodo	Media	Massima	Cumulata
Anno	0,08	5,90	740,70
Primavera	0,06	4,60	121,90
Estate	0,01	1,40	13,60
Autunno	0,12	5,90	251,30
Inverno	0,16	5,60	353,90
gen	0,22	5,60	163,00
feb	0,14	4,50	97,10
mar	0,05	2,30	37,70
apr	0,08	4,00	57,70
mag	0,04	4,60	26,50
giu	0,01	1,40	8,30
lug	0,00	0,50	3,50
ago	0,00	0,40	1,80
set	0,04	2,80	31,00
ott	0,07	3,90	53,50
nov	0,23	5,90	166,80
dic	0,13	2,80	93,80

Precipitazione cumulata (mm/hr)



Rose dei venti stagionali

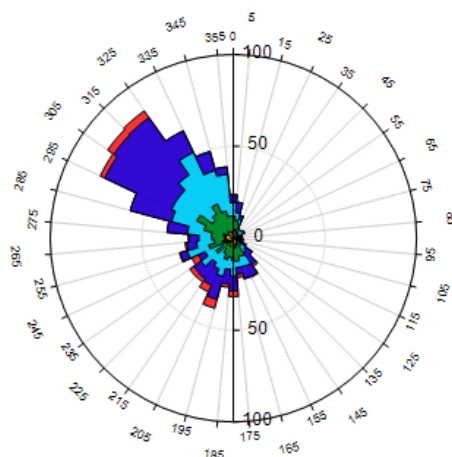
Rosa dei venti (velocità del vento in m/s): Primavera



Primavera	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	0,00	6,27	3,14	2,69	6,27	0,45	18,82	5,01
5,0 - 15,0	0,90	3,58	1,34	2,24	7,17	1,34	16,58	6,67
15,0 - 25,0	1,34	3,58	4,03	3,58	4,03	0,90	17,47	5,04
25,0 - 35,0	0,45	4,48	4,48	4,93	0,90	0,45	15,68	3,79
35,0 - 45,0	1,34	2,24	2,69	2,69	0,45	1,79	11,20	4,87
45,0 - 55,0	0,45	3,14	2,24	2,24	4,03	1,79	13,89	6,16
55,0 - 65,0	1,79	1,34	3,14	2,69	0,45	0,00	9,41	2,98
65,0 - 75,0	2,69	4,48	3,14	3,58	0,00	0,00	13,89	2,68
75,0 - 85,0	0,45	2,24	2,69	5,38	1,79	0,00	12,54	4,25
85,0 - 95,0	0,45	0,45	1,34	4,93	2,24	0,00	9,41	5,09
95,0 - 105,0	0,00	1,79	1,34	3,58	0,45	0,00	7,17	3,63
105,0 - 115,0	0,90	1,34	3,14	1,79	0,45	0,00	7,62	3,44
115,0 - 125,0	0,45	4,48	3,14	4,48	3,14	0,00	15,68	4,28
125,0 - 135,0	0,90	5,38	4,93	9,86	12,54	1,34	34,95	5,85
135,0 - 145,0	0,90	4,48	5,82	9,86	18,37	2,24	41,67	6,40
145,0 - 155,0	0,45	3,58	4,03	9,41	13,44	2,69	33,60	6,66
155,0 - 165,0	0,45	3,58	4,48	9,41	11,65	4,03	33,60	6,94
165,0 - 175,0	0,45	4,03	7,62	11,65	11,20	0,90	35,84	5,48
175,0 - 185,0	0,90	5,82	7,17	10,75	13,44	0,45	38,53	5,37
185,0 - 195,0	1,34	6,27	6,72	9,86	8,51	0,45	33,15	5,06
195,0 - 205,0	0,90	5,82	5,38	9,41	9,86	0,45	31,81	5,05
205,0 - 215,0	0,90	4,03	8,96	5,82	4,48	0,45	24,64	4,40
215,0 - 225,0	1,79	4,03	7,62	9,86	8,06	0,00	31,36	4,75
225,0 - 235,0	0,00	6,72	9,41	7,17	8,06	1,79	33,15	5,22
235,0 - 245,0	0,00	4,03	1,34	5,82	10,75	1,79	23,75	6,31
245,0 - 255,0	1,79	1,34	0,45	9,41	9,41	2,24	24,64	6,73
255,0 - 265,0	0,90	1,79	3,14	5,38	8,51	0,90	20,61	6,31
265,0 - 275,0	0,45	1,34	4,48	4,48	5,38	2,69	18,82	6,43
275,0 - 285,0	1,34	3,58	5,38	4,93	6,72	2,69	24,64	5,75
285,0 - 295,0	1,79	4,48	10,30	10,30	25,99	5,82	58,69	6,79
295,0 - 305,0	0,00	2,69	7,17	14,34	24,19	13,89	62,28	8,38
305,0 - 315,0	0,45	2,24	6,27	8,51	28,23	14,78	60,48	8,97

Primavera	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
315,0 - 325,0	0,45	4,48	9,86	8,96	27,33	10,30	61,38	7,49
325,0 - 335,0	0,00	6,72	10,30	11,65	13,44	7,17	49,28	6,55
335,0 - 345,0	0,90	3,58	4,03	7,62	8,51	1,34	25,99	5,93
345,0 - 355,0	0,00	4,48	1,79	8,51	4,48	0,45	19,71	5,10
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	8,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,06	0,00
Totale	36,29	133,96	172,49	247,76	323,92	85,57	1000,00	0,00

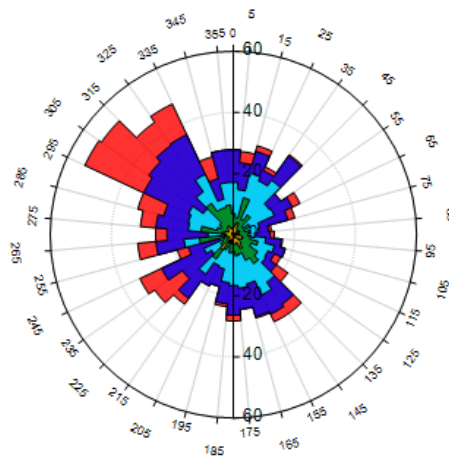
*Rosa dei venti (velocità del vento in m/s): Estate*



Classi di vento (m/s)	
<span style="color: red;">■</span>	V6 (> 12,0)
<span style="color: blue;">■</span>	V5 (6,5 - 12,0)
<span style="color: cyan;">■</span>	V4 (3,9 - 6,5)
<span style="color: green;">■</span>	V3 (2,3 - 3,9)
<span style="color: orange;">■</span>	V2 (1,0 - 2,3)
<span style="color: yellow;">■</span>	V1 (0,5 - 1,0)
<span style="color: black;">■</span>	Calme 0,2%

Estate	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	0,45	2,24	9,41	7,17	4,48	0,00	23,75	4,22
5,0 - 15,0	1,79	3,14	4,93	4,03	5,82	0,00	19,71	4,52
15,0 - 25,0	0,45	3,58	4,03	2,69	2,24	0,00	12,99	3,99
25,0 - 35,0	0,45	2,24	0,90	2,24	0,00	0,00	5,82	3,01
35,0 - 45,0	0,00	1,79	2,24	1,34	0,00	0,00	5,38	3,15
45,0 - 55,0	0,00	0,00	3,14	2,69	0,00	0,00	5,82	3,81
55,0 - 65,0	0,90	0,45	1,34	4,03	0,00	0,00	6,72	3,48
65,0 - 75,0	0,45	0,45	1,34	0,45	0,00	0,00	2,69	2,68
75,0 - 85,0	0,90	1,79	1,79	0,45	0,00	0,00	4,93	2,29
85,0 - 95,0	0,00	0,90	0,90	1,79	0,90	0,00	4,48	4,10
95,0 - 105,0	0,00	0,90	1,79	2,24	0,45	0,00	5,38	3,72
105,0 - 115,0	0,45	0,45	0,00	1,34	0,45	0,00	2,69	3,88
115,0 - 125,0	0,00	1,79	0,90	1,79	3,14	0,00	7,62	5,13
125,0 - 135,0	0,45	1,34	3,14	3,14	4,48	0,00	12,54	4,84
135,0 - 145,0	0,90	1,34	3,14	4,03	8,06	1,34	18,82	6,17
145,0 - 155,0	0,90	3,14	6,72	5,82	6,27	0,45	23,30	5,06
155,0 - 165,0	0,90	2,24	7,17	5,82	6,72	0,00	22,85	5,19
165,0 - 175,0	0,45	4,93	7,17	3,58	3,58	1,79	21,51	5,22
175,0 - 185,0	0,45	4,03	7,62	8,51	8,06	3,14	31,81	5,77
185,0 - 195,0	0,45	4,03	5,82	6,72	8,06	1,79	26,88	6,01
195,0 - 205,0	0,45	4,03	7,62	9,41	12,99	4,93	39,43	6,53
205,0 - 215,0	0,45	1,79	7,17	8,96	9,86	4,03	32,26	6,65
215,0 - 225,0	0,90	0,45	5,38	9,41	10,75	2,24	29,12	6,53
225,0 - 235,0	0,45	4,48	6,72	9,86	4,93	2,69	29,12	5,42
235,0 - 245,0	0,00	2,24	4,93	9,86	4,03	4,03	25,09	6,47
245,0 - 255,0	0,90	5,38	7,62	12,10	4,03	0,45	30,47	4,63
255,0 - 265,0	0,45	3,14	6,72	9,86	5,38	0,90	26,43	5,02
265,0 - 275,0	1,34	3,58	6,72	7,17	5,38	0,45	24,64	4,62
275,0 - 285,0	1,34	2,69	8,06	12,99	11,20	0,00	36,29	5,21
285,0 - 295,0	1,34	4,48	10,75	18,37	23,30	0,00	58,24	5,98
295,0 - 305,0	0,00	3,58	18,37	15,23	40,32	2,69	80,20	6,69
305,0 - 315,0	0,00	1,79	12,10	23,30	42,56	4,03	83,78	7,23
315,0 - 325,0	0,45	4,03	11,65	25,99	38,08	4,48	84,68	6,71
325,0 - 335,0	0,00	4,03	16,58	30,91	12,99	0,00	64,52	4,96
335,0 - 345,0	0,00	3,58	11,65	22,85	10,75	0,00	48,84	5,17
345,0 - 355,0	0,45	1,79	9,86	22,85	4,03	0,00	38,98	4,79
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	2,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,24	0,00
Totale	21,06	91,85	225,36	319,00	303,32	39,43	1000,00	0,00

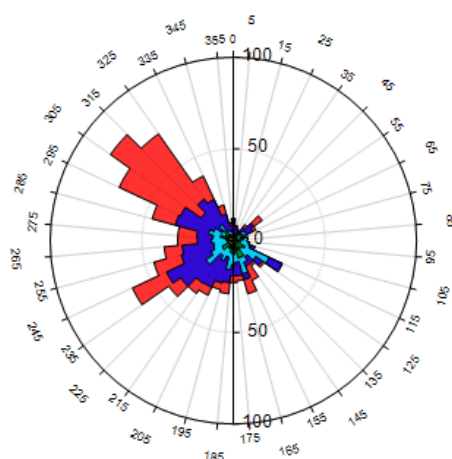
Rosa dei venti (velocità del vento in m/s): Autunno



Classi di vento (m/s)	
<span style="color: red;">■</span>	V6 (> 12,0)
<span style="color: blue;">■</span>	V5 (6,5 - 12,0)
<span style="color: cyan;">■</span>	V4 (3,9 - 6,5)
<span style="color: green;">■</span>	V3 (2,3 - 3,9)
<span style="color: orange;">■</span>	V2 (1,0 - 2,3)
<span style="color: yellow;">■</span>	V1 (0,5 - 1,0)
<span style="color: black;">■</span>	Calme 0,7%

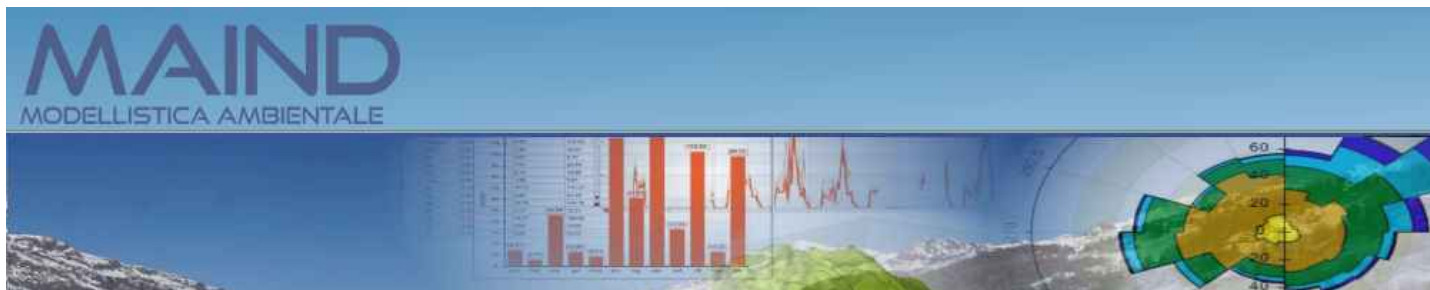
Autunno	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	0,00	2,31	4,63	10,19	10,65	0,00	27,78	5,81
5,0 - 15,0	0,00	3,24	2,31	9,26	8,80	3,70	27,31	6,66
15,0 - 25,0	0,00	4,17	8,33	8,33	7,41	1,85	30,09	5,60
25,0 - 35,0	0,00	2,31	3,24	13,89	3,70	1,39	24,54	5,67
35,0 - 45,0	0,46	1,39	6,02	13,89	9,72	0,46	31,94	5,54
45,0 - 55,0	0,00	0,00	3,70	10,65	4,63	0,00	18,98	5,71
55,0 - 65,0	0,00	2,31	3,70	8,80	6,48	2,78	24,07	6,57
65,0 - 75,0	0,46	1,39	1,85	5,09	9,72	2,31	20,83	7,57
75,0 - 85,0	0,00	1,39	4,17	2,78	3,24	0,93	12,50	5,49
85,0 - 95,0	0,46	0,46	3,70	2,31	5,09	1,39	13,43	6,35
95,0 - 105,0	0,46	2,31	2,78	5,09	5,09	0,46	16,20	5,52
105,0 - 115,0	0,46	2,78	5,09	5,56	3,70	0,00	17,59	4,62
115,0 - 125,0	0,00	2,78	3,70	6,02	2,31	2,31	17,13	5,92
125,0 - 135,0	0,93	0,93	7,87	3,24	4,17	4,63	21,76	6,85
135,0 - 145,0	1,39	2,31	7,87	7,41	8,80	3,70	31,48	6,15
145,0 - 155,0	0,93	4,17	4,17	12,50	6,94	2,78	31,48	5,81
155,0 - 165,0	0,93	1,85	3,70	10,19	11,11	0,46	28,24	6,16
165,0 - 175,0	0,93	2,31	3,70	10,65	6,94	0,00	24,54	5,28
175,0 - 185,0	0,00	3,24	2,31	11,11	9,72	1,85	28,24	6,39
185,0 - 195,0	0,46	0,93	4,63	9,72	6,94	0,93	23,61	5,79
195,0 - 205,0	0,00	3,24	0,93	7,41	6,02	0,00	17,59	6,18
205,0 - 215,0	0,46	1,39	3,70	5,56	7,41	0,00	18,52	5,58
215,0 - 225,0	0,46	5,56	3,70	6,02	9,72	2,31	27,78	6,47
225,0 - 235,0	0,46	1,85	2,78	3,70	11,57	11,11	31,48	9,14
235,0 - 245,0	0,46	0,93	2,78	6,48	15,28	7,87	33,80	8,78
245,0 - 255,0	0,46	1,39	1,39	1,39	10,65	3,70	18,98	8,73
255,0 - 265,0	0,00	3,24	7,87	5,09	9,26	6,02	31,48	7,11
265,0 - 275,0	0,46	1,85	1,39	4,63	13,43	3,70	25,46	7,99
275,0 - 285,0	0,46	3,24	6,94	4,17	10,65	5,09	30,56	7,10
285,0 - 295,0	0,00	2,78	2,78	9,72	8,33	8,80	32,41	8,15
295,0 - 305,0	0,46	1,39	2,78	11,57	16,20	21,30	53,70	10,38
305,0 - 315,0	0,00	1,85	3,70	6,48	21,76	18,98	52,78	10,40
315,0 - 325,0	0,93	1,85	9,72	4,63	18,52	9,26	44,91	8,00
325,0 - 335,0	0,46	2,78	6,02	12,50	14,35	11,11	47,22	8,05
335,0 - 345,0	0,00	2,31	6,94	2,78	6,94	7,41	26,39	8,40
345,0 - 355,0	0,00	1,85	7,87	7,41	10,65	0,00	27,78	5,76
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	7,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,41	0,00
Totale	20,37	80,09	158,80	266,20	325,93	148,61	1000,00	0,00

Rosa dei venti (velocità del vento in m/s): Inverno



Classi di vento (m/s)	
V6 (> 12,0)	
V5 (6,5 - 12,0)	
V4 (3,9 - 6,5)	
V3 (2,3 - 3,9)	
V2 (1,0 - 2,3)	
V1 (0,5 - 1,0)	
Calme 0,6%	

Inverno	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	1,40	0,47	1,40	2,81	5,62	0,47	12,17	6,25
5,0 - 15,0	0,47	1,40	0,47	0,47	5,15	0,47	8,43	7,43
15,0 - 25,0	0,00	1,40	0,00	0,47	4,68	0,00	6,55	7,45
25,0 - 35,0	0,00	2,81	0,47	0,94	0,94	0,94	6,09	5,19
35,0 - 45,0	0,00	2,81	1,40	0,94	3,75	1,87	10,77	6,81
45,0 - 55,0	0,00	1,87	3,28	2,34	6,09	5,62	19,19	8,84
55,0 - 65,0	0,47	0,47	5,15	2,34	3,28	1,87	13,58	6,36
65,0 - 75,0	0,00	1,40	2,81	0,47	1,87	0,00	6,55	4,47
75,0 - 85,0	0,47	2,34	2,81	2,34	0,00	0,00	7,96	2,96
85,0 - 95,0	0,00	1,40	1,87	4,21	0,00	0,00	7,49	3,82
95,0 - 105,0	0,00	1,40	2,34	4,68	0,47	0,00	8,90	4,11
105,0 - 115,0	0,00	2,34	1,40	5,62	2,81	0,00	12,17	4,71
115,0 - 125,0	0,47	1,87	4,68	14,51	7,96	0,00	29,49	5,17
125,0 - 135,0	0,00	2,34	3,28	9,36	4,21	1,40	20,60	5,60
135,0 - 145,0	0,47	1,87	2,34	6,09	4,68	1,40	16,85	6,39
145,0 - 155,0	1,87	3,75	4,21	3,28	2,34	8,43	23,88	8,54
155,0 - 165,0	0,94	2,81	6,09	8,90	3,28	7,96	29,96	7,47
165,0 - 175,0	0,47	0,47	2,34	8,43	7,49	2,81	22,00	7,16
175,0 - 185,0	0,94	3,28	3,28	5,62	6,09	3,75	22,94	7,17
185,0 - 195,0	0,47	4,21	1,87	9,36	7,02	6,09	29,03	7,45
195,0 - 205,0	0,94	0,94	0,94	6,55	14,51	3,75	27,62	8,03
205,0 - 215,0	0,00	2,34	2,34	7,49	15,92	4,68	32,77	8,06
215,0 - 225,0	0,47	2,81	0,94	5,62	18,73	6,55	35,11	8,80
225,0 - 235,0	0,00	2,81	4,21	11,24	16,85	7,96	43,07	8,35
235,0 - 245,0	0,00	0,94	5,62	7,02	26,69	20,60	60,86	10,30
245,0 - 255,0	0,00	0,47	2,81	7,96	18,26	15,45	44,94	10,13
255,0 - 265,0	0,00	0,94	2,34	7,49	17,32	9,83	37,92	9,31
265,0 - 275,0	0,47	0,00	0,94	10,77	7,49	10,77	30,43	9,17
275,0 - 285,0	0,47	0,94	2,81	7,02	8,90	10,30	30,43	9,32
285,0 - 295,0	0,47	3,75	3,28	6,55	18,73	13,11	45,88	9,33
295,0 - 305,0	0,00	3,75	0,94	7,02	20,13	36,99	68,82	12,06
305,0 - 315,0	0,00	2,34	2,81	2,34	14,04	60,39	81,93	14,74
315,0 - 325,0	0,94	2,81	3,28	3,75	16,85	43,54	71,16	13,30
325,0 - 335,0	0,00	2,34	1,40	2,34	18,73	14,04	38,86	10,60
335,0 - 345,0	0,47	1,40	1,40	2,34	9,36	5,15	20,13	8,79
345,0 - 355,0	0,00	1,40	0,94	2,34	3,75	1,40	9,83	7,16
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	5,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,62	0,00
Totale	18,26	70,69	88,48	191,01	323,97	307,58	1000,00	0,00

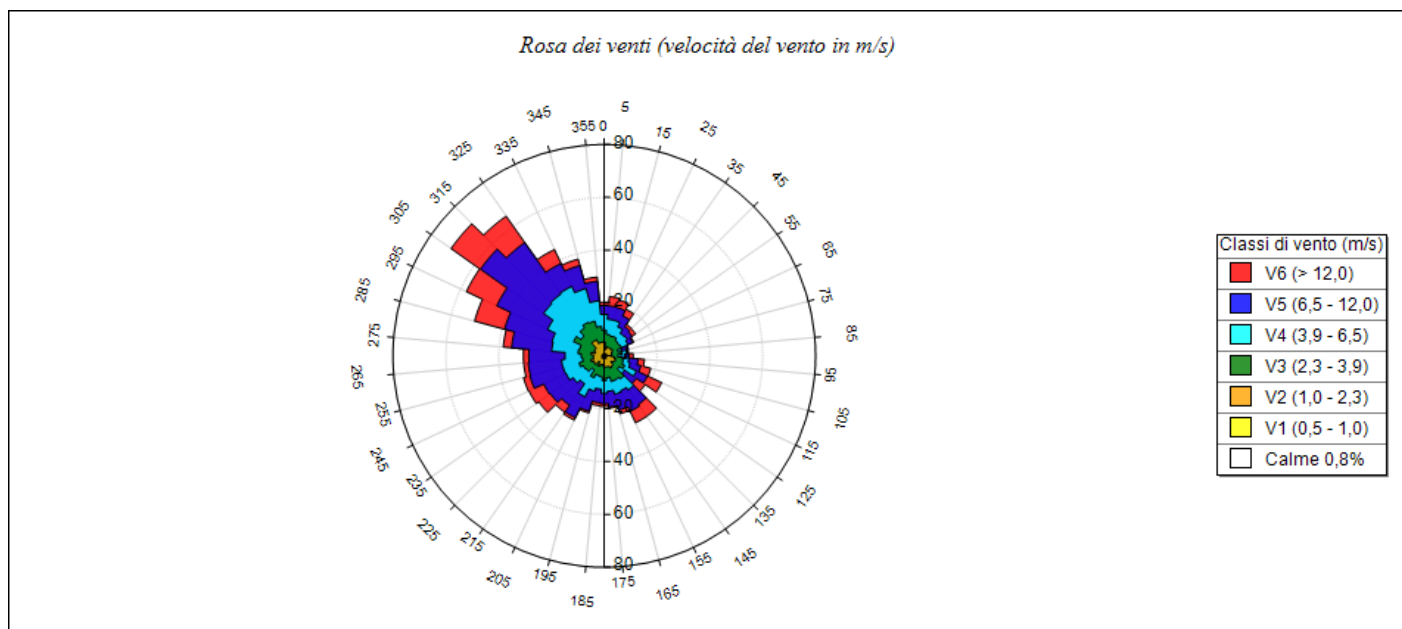


Rapporto generato dal software [MMS WinDimula](#) prodotto da Maind S.r.l. (11/04/2025)

#### Informazioni di base

Elemento	Valore
Tipologia dati meteorologici	WinDimula file meteorologico stazione al suolo
Nome del file	C:\Users\ingso\OneDrive\Documenti\Studio\ARTStudio-SmartSOA\Barbagia Ambiente\2025\dati meteo Coronasa bentosas 2022.met
Periodo dei dati	01/01/2022 00:00:00 <-> 31/12/2022 23:00:00
Ore totali	8760
Valore limite per determinare le calme di vento	0,5 (m/s)
Rosa dei venti fattore di normalizzazione	1000
Stazione	
Posizione della stazione di misura	
File con i dati utilizzati	<a href="#">C:\ProgramData\Maind\MMS.WinDimula\Lib\meteodata.txt</a>

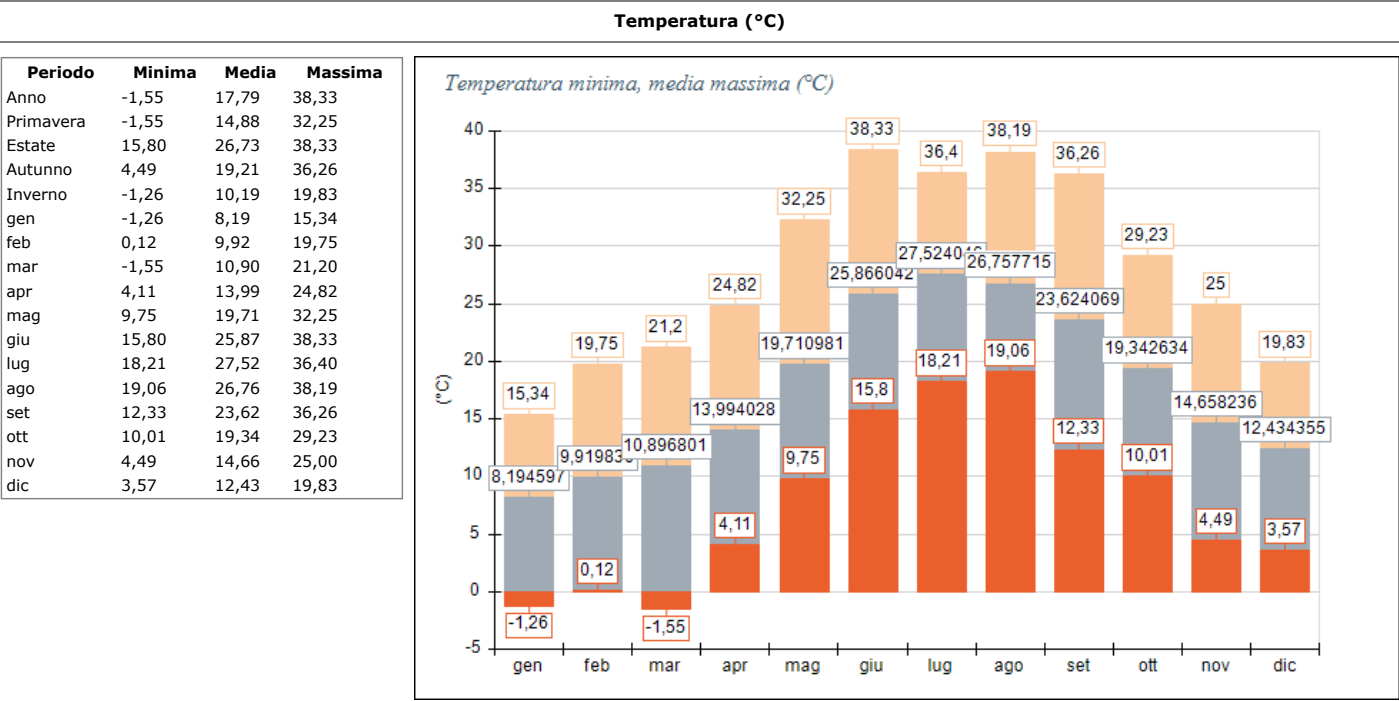
#### Rosa dei venti



SECTORS	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	0,80	4,34	4,57	6,05	3,31	1,26	20,32	4,82
5,0 - 15,0	0,46	2,05	5,71	5,71	5,02	3,54	22,49	6,55
15,0 - 25,0	0,34	3,20	4,34	6,05	4,91	2,97	21,80	6,34
25,0 - 35,0	0,68	2,85	4,57	4,00	4,57	2,74	19,41	6,20
35,0 - 45,0	1,14	2,28	3,77	3,31	2,97	1,14	14,61	5,07
45,0 - 55,0	1,03	2,85	3,08	3,77	2,17	1,60	14,50	5,16
55,0 - 65,0	0,80	2,74	3,65	2,74	1,94	0,46	12,33	4,21
65,0 - 75,0	0,34	2,63	2,51	1,48	2,51	0,00	9,47	4,35
75,0 - 85,0	0,68	2,28	3,88	1,71	0,57	0,11	9,25	3,24
85,0 - 95,0	0,34	2,05	2,74	2,51	1,71	1,60	10,96	5,88
95,0 - 105,0	0,80	3,08	3,31	2,17	3,54	2,40	15,30	6,23
105,0 - 115,0	0,68	3,88	2,85	2,74	4,22	3,88	18,26	6,85
115,0 - 125,0	0,57	3,65	4,34	4,91	4,57	5,94	23,97	7,93
125,0 - 135,0	1,14	2,28	3,54	2,40	5,48	4,11	18,95	7,32
135,0 - 145,0	1,14	3,65	5,82	5,14	6,74	5,48	27,97	7,06
145,0 - 155,0	0,57	4,57	4,79	4,68	8,56	4,79	27,97	6,87
155,0 - 165,0	1,03	3,31	5,71	5,02	6,16	1,48	22,72	5,65
165,0 - 175,0	0,91	3,31	4,11	5,14	5,94	0,46	19,86	5,24
175,0 - 185,0	1,14	3,08	5,14	4,79	4,00	1,03	19,18	4,76
185,0 - 195,0	0,80	2,51	4,68	4,68	5,14	1,14	18,95	5,30
195,0 - 205,0	0,68	2,97	4,00	6,16	7,88	0,68	22,37	5,53
205,0 - 215,0	0,46	4,00	4,68	7,99	8,68	1,03	26,83	5,74
215,0 - 225,0	1,14	1,71	3,65	6,39	9,93	3,20	26,03	6,99
225,0 - 235,0	1,26	3,42	3,65	6,05	10,50	5,37	30,25	7,43
235,0 - 245,0	0,46	3,88	4,34	7,19	9,36	6,16	31,39	7,30

SECTORS	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
245,0 - 255,0	0,57	4,68	4,57	6,28	13,01	2,51	31,62	6,38
255,0 - 265,0	0,80	3,31	4,11	7,99	12,67	1,71	30,59	6,39
265,0 - 275,0	0,57	3,54	4,57	6,16	13,70	2,05	30,59	6,52
275,0 - 285,0	0,91	4,11	4,91	10,05	15,18	3,20	38,36	6,78
285,0 - 295,0	0,46	3,08	6,05	10,84	18,61	11,76	50,80	8,35
295,0 - 305,0	0,57	3,65	8,56	10,84	21,23	12,67	57,53	8,38
305,0 - 315,0	0,23	4,00	6,51	17,24	29,22	13,58	70,78	8,32
315,0 - 325,0	0,80	5,94	6,16	15,64	23,86	12,21	64,61	7,89
325,0 - 335,0	0,80	5,94	7,31	14,95	9,59	5,82	44,41	6,41
335,0 - 345,0	0,34	4,79	8,45	12,79	9,02	2,51	37,90	5,66
345,0 - 355,0	1,03	4,22	5,94	9,70	7,42	1,60	29,91	5,33
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	7,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,76	0,00
Totale	34,25	123,86	170,55	235,27	303,88	132,19	1000,00	0,00

Statistiche Velocità del vento (m/s)		
Param.	Valore	
Dati validi	8760,00	
Min.	0,10	
Med.	6,64	
Max.	26,56	
Moda	0,51	
5° Perc.	1,21	
25° Perc.	3,11	
50° Perc,	5,64	
75° Perc.	9,35	
95° Perc.	15,12	
% Calme	0,78	

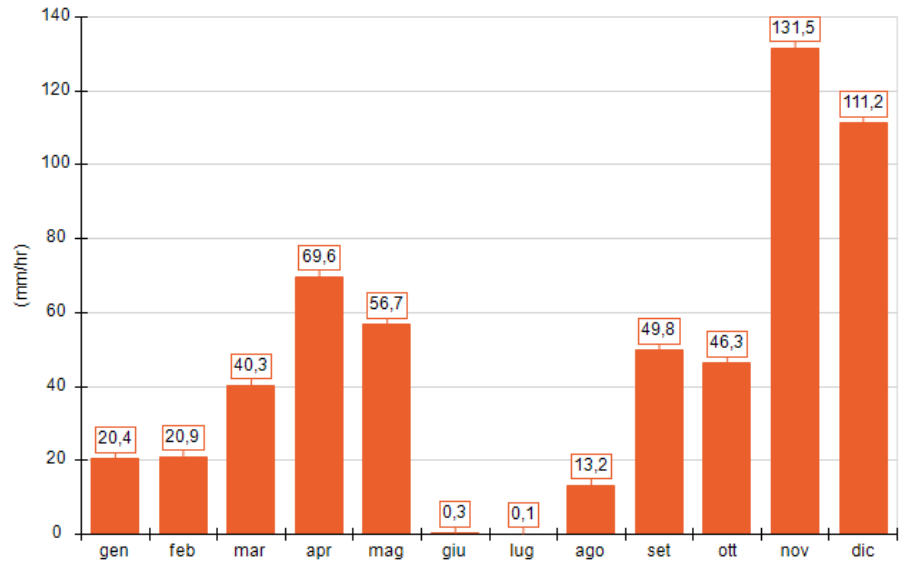


Precipitazione (mm/hr)

Mese	Minima	Media	Massima
gen	-1,26	8,19	15,34
feb	0,12	9,92	19,75
mar	-1,55	10,90	21,20
apr	4,11	13,99	24,82
mag	9,75	19,71	32,25
giu	15,80	25,87	38,33
lug	18,21	27,52	36,40
ago	19,06	26,76	38,19
set	12,33	23,62	36,26
ott	10,01	19,34	29,23
nov	4,49	14,66	25,00
dic	3,57	12,43	19,83

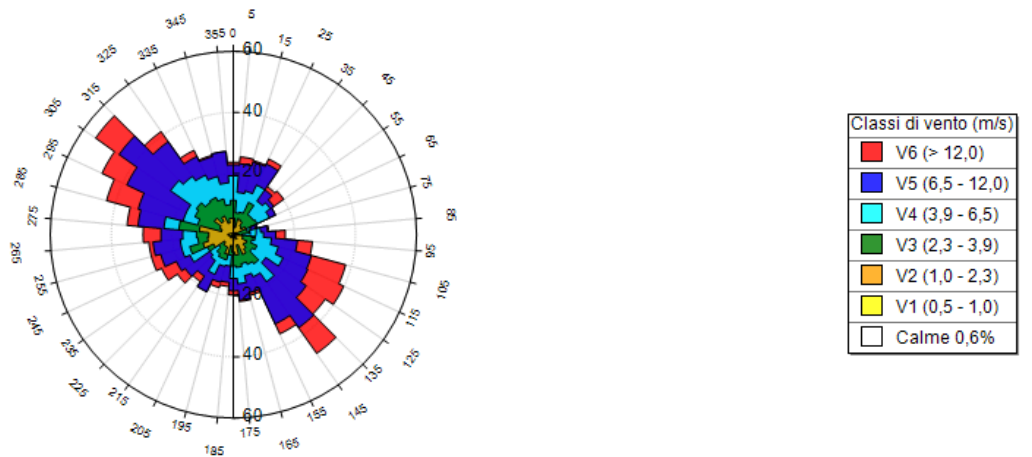


Precipitazione cumulata (mm/hr)



Rose dei venti stagionali

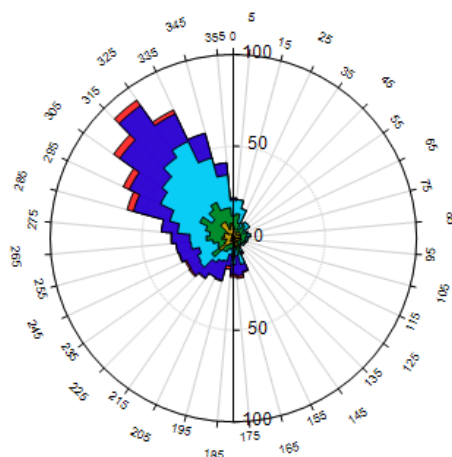
Rosa dei venti (velocità del vento in m/s): Primavera



Primavera	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	0,90	4,48	5,82	8,06	3,58	0,90	23,75	4,46
5,0 - 15,0	0,45	1,79	4,93	6,72	9,41	2,24	25,54	6,31
15,0 - 25,0	0,00	5,38	2,24	7,17	9,86	0,45	25,09	5,66
25,0 - 35,0	0,45	4,48	6,72	6,27	7,62	1,79	27,33	5,72
35,0 - 45,0	0,90	2,69	4,48	5,38	4,48	1,34	19,27	5,23
45,0 - 55,0	0,45	2,69	4,93	6,72	1,34	4,03	20,16	6,05
55,0 - 65,0	1,34	3,14	4,03	4,48	2,24	0,00	15,23	3,73
65,0 - 75,0	0,00	0,90	3,58	1,34	2,24	0,00	8,06	5,17
75,0 - 85,0	0,00	0,90	4,48	3,58	2,24	0,45	11,65	4,72
85,0 - 95,0	0,00	0,90	1,79	7,17	4,03	3,14	17,03	7,08
95,0 - 105,0	0,90	2,24	4,03	5,38	8,51	4,93	25,99	7,43
105,0 - 115,0	0,45	2,69	3,14	8,96	11,20	11,65	38,08	8,68
115,0 - 125,0	0,90	4,03	3,58	9,41	8,96	12,99	39,87	9,44
125,0 - 135,0	0,90	3,58	3,14	5,38	16,13	7,62	36,74	8,38
135,0 - 145,0	1,79	4,03	5,82	7,17	18,37	10,30	47,49	8,22
145,0 - 155,0	0,45	6,72	3,58	4,48	17,03	3,58	35,84	6,90
155,0 - 165,0	0,90	2,69	6,27	4,03	5,82	0,90	20,61	5,39
165,0 - 175,0	1,34	5,38	4,03	5,38	5,38	0,45	21,95	4,66
175,0 - 185,0	1,79	4,03	4,48	4,03	4,03	1,34	19,71	4,71
185,0 - 195,0	0,90	2,69	3,14	3,58	5,38	1,34	17,03	5,66
195,0 - 205,0	0,90	5,82	1,79	2,24	5,38	1,79	17,92	5,49
205,0 - 215,0	0,45	4,03	4,03	5,82	6,27	0,00	20,61	5,20
215,0 - 225,0	1,34	3,14	3,14	2,69	6,27	2,24	18,82	6,04
225,0 - 235,0	0,90	2,69	2,24	3,58	9,86	3,14	22,40	7,31
235,0 - 245,0	0,45	6,72	2,24	6,27	4,93	5,38	25,99	6,42
245,0 - 255,0	1,34	8,96	4,48	2,69	7,17	3,14	27,78	5,28
255,0 - 265,0	1,34	7,17	3,14	5,82	8,96	1,34	27,78	5,47
265,0 - 275,0	1,79	6,27	4,03	4,48	7,17	5,82	29,57	6,60
275,0 - 285,0	1,34	9,86	6,72	4,93	8,51	3,58	34,95	5,54
285,0 - 295,0	0,90	3,14	8,06	4,93	15,23	10,75	43,01	8,61
295,0 - 305,0	0,45	4,48	8,96	3,14	21,51	8,96	47,49	7,88
305,0 - 315,0	0,90	6,72	7,17	10,30	20,61	9,41	55,11	7,42

Primavera	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
315,0 - 325,0	0,45	4,93	7,62	10,30	13,89	4,03	41,22	6,32
325,0 - 335,0	0,45	6,27	6,72	8,06	6,72	2,24	30,47	5,32
335,0 - 345,0	0,00	4,03	8,06	7,62	6,72	0,45	26,88	4,92
345,0 - 355,0	0,45	4,93	4,48	7,17	10,30	0,00	27,33	5,32
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	6,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,27	0,00
Totale	34,50	154,57	167,11	204,75	307,35	131,72	1000,00	0,00

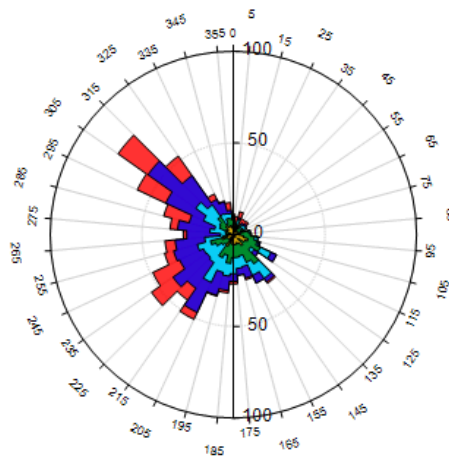
*Rosa dei venti (velocità del vento in m/s): Estate*



Classi di vento (m/s)	
<span style="color: red;">■</span>	V6 (> 12,0)
<span style="color: blue;">■</span>	V5 (6,5 - 12,0)
<span style="color: cyan;">■</span>	V4 (3,9 - 6,5)
<span style="color: green;">■</span>	V3 (2,3 - 3,9)
<span style="color: orange;">■</span>	V2 (1,0 - 2,3)
<span style="color: yellow;">■</span>	V1 (0,5 - 1,0)
<span style="color: white;">■</span>	Calme 1,2%

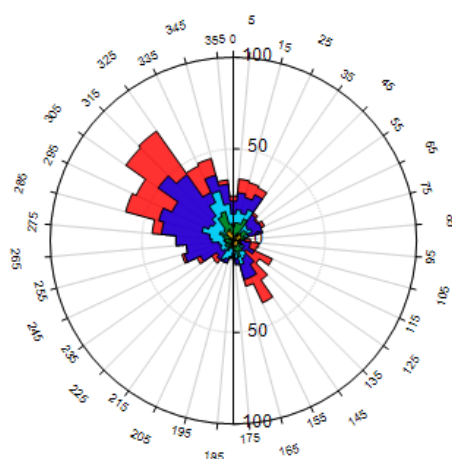
Estate	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	1,34	4,93	5,82	8,51	1,34	0,00	21,95	3,68
5,0 - 15,0	0,90	4,03	8,51	7,62	0,00	0,00	21,06	3,22
15,0 - 25,0	0,90	2,24	5,38	8,06	0,00	0,00	16,58	3,71
25,0 - 35,0	0,45	2,24	2,69	3,58	0,00	0,00	8,96	3,44
35,0 - 45,0	2,24	2,24	4,48	1,79	0,00	0,00	10,75	2,40
45,0 - 55,0	0,45	4,03	2,69	3,58	0,00	0,00	10,75	3,06
55,0 - 65,0	0,00	2,69	3,14	1,79	0,00	0,00	7,62	2,88
65,0 - 75,0	0,00	4,48	3,14	0,90	0,00	0,00	8,51	2,27
75,0 - 85,0	0,90	3,14	3,58	1,79	0,00	0,00	9,41	2,66
85,0 - 95,0	0,90	2,69	2,69	1,34	0,00	0,00	7,62	2,47
95,0 - 105,0	0,90	3,58	2,24	0,90	0,00	0,00	7,62	2,54
105,0 - 115,0	0,45	2,69	2,69	0,45	0,00	0,00	6,27	2,46
115,0 - 125,0	0,45	1,79	2,24	2,24	0,00	0,00	6,72	2,98
125,0 - 135,0	2,24	0,90	1,34	0,00	0,45	0,00	4,93	2,30
135,0 - 145,0	0,45	2,24	1,79	0,90	0,00	0,45	5,82	3,66
145,0 - 155,0	0,45	4,03	1,79	1,79	1,34	0,45	9,86	3,76
155,0 - 165,0	1,34	4,03	3,58	5,82	4,03	0,45	19,27	4,66
165,0 - 175,0	0,45	1,34	2,69	4,93	11,20	1,34	21,95	7,01
175,0 - 185,0	1,79	2,24	5,82	4,48	5,38	1,34	21,06	4,96
185,0 - 195,0	0,90	1,79	2,69	3,58	6,27	1,79	17,03	6,21
195,0 - 205,0	0,90	1,79	3,58	6,72	10,75	0,45	24,19	5,99
205,0 - 215,0	0,00	3,58	4,48	5,82	9,41	0,00	23,30	5,64
215,0 - 225,0	2,24	2,69	3,58	7,62	10,30	0,45	26,88	5,76
225,0 - 235,0	2,24	7,17	4,93	8,06	6,27	0,90	29,57	4,69
235,0 - 245,0	1,34	4,03	4,03	12,10	6,72	0,90	29,12	5,08
245,0 - 255,0	0,00	4,03	4,48	10,75	11,20	0,45	30,91	5,52
255,0 - 265,0	0,90	2,69	7,62	12,10	8,06	0,00	31,36	5,07
265,0 - 275,0	0,45	5,82	8,51	8,96	9,86	0,45	34,05	4,85
275,0 - 285,0	1,34	3,58	8,06	17,47	8,96	0,00	39,43	5,04
285,0 - 295,0	0,45	4,93	10,30	20,16	20,61	3,58	60,04	6,20
295,0 - 305,0	0,45	4,93	14,78	23,75	18,82	3,58	66,31	5,85
305,0 - 315,0	0,00	3,14	11,20	33,15	28,23	4,03	79,75	6,37
315,0 - 325,0	0,90	8,96	8,96	34,95	34,50	3,58	91,85	6,33
325,0 - 335,0	2,69	7,17	11,65	36,74	16,58	2,24	77,06	5,24
335,0 - 345,0	0,90	4,03	11,65	28,67	13,89	0,00	59,14	5,02
345,0 - 355,0	2,24	5,82	8,51	17,92	6,72	0,00	41,22	4,41
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	12,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,10	0,00
Totale	46,59	131,72	195,34	349,01	250,90	26,43	1000,00	0,00

Rosa dei venti (velocità del vento in m/s): Autunno



Autunno	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	0,46	5,09	2,31	0,46	1,39	1,39	11,11	4,30
5,0 - 15,0	0,00	1,39	0,93	1,39	1,39	4,63	9,72	9,42
15,0 - 25,0	0,00	3,24	2,31	3,24	0,93	3,24	12,96	6,65
25,0 - 35,0	0,93	0,93	0,46	0,46	1,85	5,09	9,72	10,16
35,0 - 45,0	0,93	1,85	3,24	0,93	0,93	1,85	9,72	5,56
45,0 - 55,0	0,93	1,85	1,85	2,78	1,39	1,39	10,19	5,63
55,0 - 65,0	0,46	1,85	3,70	1,85	0,00	0,00	7,87	2,94
65,0 - 75,0	0,00	1,85	1,85	1,39	0,00	0,00	5,09	2,97
75,0 - 85,0	0,93	2,78	4,63	0,93	0,00	0,00	9,26	2,65
85,0 - 95,0	0,00	3,24	6,02	0,46	0,00	0,00	9,72	2,75
95,0 - 105,0	0,46	5,09	6,02	1,85	0,00	0,00	13,43	2,48
105,0 - 115,0	1,39	6,94	5,09	0,93	0,93	0,00	15,28	2,66
115,0 - 125,0	0,46	6,48	9,26	6,48	3,24	0,00	25,93	3,71
125,0 - 135,0	0,93	2,31	8,33	2,31	2,78	0,00	16,67	3,70
135,0 - 145,0	1,85	5,56	12,04	9,72	2,31	0,93	32,41	3,87
145,0 - 155,0	0,46	5,09	11,11	7,87	4,63	0,00	29,17	4,20
155,0 - 165,0	0,93	3,70	7,41	6,02	6,48	0,93	25,46	5,19
165,0 - 175,0	1,39	4,17	6,94	6,02	3,70	0,00	22,22	4,47
175,0 - 185,0	0,46	5,09	6,94	8,80	4,17	1,39	26,85	4,69
185,0 - 195,0	0,93	4,17	10,65	6,94	7,87	1,39	31,94	5,03
195,0 - 205,0	0,00	1,85	9,72	9,72	12,96	0,46	34,72	5,61
205,0 - 215,0	0,93	6,02	6,94	14,81	18,06	4,17	50,93	6,42
215,0 - 225,0	0,93	0,46	5,09	12,04	17,13	7,87	43,52	7,91
225,0 - 235,0	0,93	2,31	4,63	9,72	22,69	14,35	54,63	9,10
235,0 - 245,0	0,00	3,70	6,94	7,41	14,35	16,20	48,61	9,05
245,0 - 255,0	0,93	5,56	6,48	7,41	13,43	5,09	38,89	6,72
255,0 - 265,0	0,93	2,31	2,31	10,19	16,20	5,56	37,50	7,68
265,0 - 275,0	0,00	0,93	1,39	4,63	18,52	1,85	27,31	7,75
275,0 - 285,0	0,46	2,31	1,39	8,80	17,59	4,17	34,72	7,82
285,0 - 295,0	0,00	1,39	3,24	6,02	14,35	14,35	39,35	9,98
295,0 - 305,0	0,93	3,70	3,70	9,72	22,69	17,13	57,87	10,02
305,0 - 315,0	0,00	3,70	5,56	15,74	31,94	19,91	76,85	8,83
315,0 - 325,0	0,00	6,02	6,02	7,87	19,44	12,96	52,31	8,18
325,0 - 335,0	0,00	4,63	1,85	6,02	8,80	3,24	24,54	7,18
335,0 - 345,0	0,46	4,63	4,17	2,78	6,48	0,46	18,98	5,51
345,0 - 355,0	0,00	3,70	5,09	2,78	1,85	4,17	17,59	5,95
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	6,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,94	0,00
Totale	27,31	125,93	185,65	206,48	300,46	154,17	1000,00	0,00

Rosa dei venti (velocità del vento in m/s): Inverno



Inverno	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	0,47	2,81	4,21	7,02	7,02	2,81	24,34	6,51
5,0 - 15,0	0,47	0,94	8,43	7,02	9,36	7,49	33,71	8,08
15,0 - 25,0	0,47	1,87	7,49	5,62	8,90	8,43	32,77	8,14
25,0 - 35,0	0,94	3,75	8,43	5,62	8,90	4,21	31,84	6,21
35,0 - 45,0	0,47	2,34	2,81	5,15	6,55	1,40	18,73	6,25
45,0 - 55,0	2,34	2,81	2,81	1,87	6,09	0,94	16,85	5,18
55,0 - 65,0	1,40	3,28	3,75	2,81	5,62	1,87	18,73	5,72
65,0 - 75,0	1,40	3,28	1,40	2,34	7,96	0,00	16,39	5,49
75,0 - 85,0	0,94	2,34	2,81	0,47	0,00	0,00	6,55	2,20
85,0 - 95,0	0,47	1,40	0,47	0,94	2,81	3,28	9,36	9,81
95,0 - 105,0	0,94	1,40	0,94	0,47	5,62	4,68	14,04	9,61
105,0 - 115,0	0,47	3,28	0,47	0,47	4,68	3,75	13,11	8,43
115,0 - 125,0	0,47	2,34	2,34	1,40	6,09	10,77	23,41	11,47
125,0 - 135,0	0,47	2,34	1,40	1,87	2,34	8,90	17,32	9,97
135,0 - 145,0	0,47	2,81	3,75	2,81	6,09	10,30	26,22	9,63
145,0 - 155,0	0,94	2,34	2,81	4,68	11,24	15,45	37,45	9,81
155,0 - 165,0	0,94	2,81	5,62	4,21	8,43	3,75	25,75	7,09
165,0 - 175,0	0,47	2,34	2,81	4,21	3,28	0,00	13,11	4,48
175,0 - 185,0	0,47	0,94	3,28	1,87	2,34	0,00	8,90	4,55
185,0 - 195,0	0,47	1,40	2,34	4,68	0,94	0,00	9,83	3,89
195,0 - 205,0	0,94	2,34	0,94	6,09	2,34	0,00	12,64	4,43
205,0 - 215,0	0,47	2,34	3,28	5,62	0,94	0,00	12,64	4,08
215,0 - 225,0	0,00	0,47	2,81	3,28	6,09	2,34	14,98	7,82
225,0 - 235,0	0,94	1,40	2,81	2,81	3,28	3,28	14,51	7,04
235,0 - 245,0	0,00	0,94	4,21	2,81	11,70	2,34	22,00	7,52
245,0 - 255,0	0,00	0,00	2,81	4,21	20,60	1,40	29,03	7,95
255,0 - 265,0	0,00	0,94	3,28	3,75	17,79	0,00	25,75	7,21
265,0 - 275,0	0,00	0,94	4,21	6,55	19,66	0,00	31,37	7,26
275,0 - 285,0	0,47	0,47	3,28	8,90	26,22	5,15	44,48	8,59
285,0 - 295,0	0,47	2,81	2,34	12,17	24,34	18,73	60,86	9,31
295,0 - 305,0	0,47	1,40	6,55	6,55	22,00	21,54	58,52	10,14
305,0 - 315,0	0,00	2,34	1,87	9,36	36,52	21,54	71,63	10,77
315,0 - 325,0	1,87	3,75	1,87	8,90	27,62	29,03	73,03	10,67
325,0 - 335,0	0,00	5,62	8,90	8,43	6,09	15,92	44,94	8,87
335,0 - 345,0	0,00	6,55	9,83	11,70	8,90	9,36	46,35	7,01
345,0 - 355,0	1,40	2,34	5,62	10,77	10,77	2,34	33,24	6,20
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	5,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,62	0,00
Totale	28,09	81,46	132,96	177,43	359,08	220,97	1000,00	0,00